



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

Análise do comportamento térmico de paredes de taipa

João Paulo Beja Pereira

Dissertação

Mestrado Engenharia Civil

Especialização - Construção

Orientador: Prof. Doutor José Júlio Braga Correia da Silva

Julho 2013

Dissertação

Análise do comportamento térmico de paredes de taipa
(Analysis of the thermic behavior of rammed-earth-wall)

Mestrado Engenharia Civil

Especialização - Construção

João Paulo Beja Pereira

Orientador: Prof. Doutor José Júlio Braga Correia da Silva

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a toda a minha família, amigos e colegas que sempre me apoiaram e me incentivaram na nova caminhada académica, tendo como meta o termo desta com sucesso.

Ao Professor Doutor José Júlio Correia da Silva, pelo empenho e amizade que sempre demonstrou nas horas mais difíceis, e pela forma paciente e sabedora com que conduziu a presente dissertação.

Ao Sr. Francisco Seixas sócio-gerente da empresa Betão & Taipa, que gentilmente me indicou o local para recolha do solo, assim como à sua esposa Arquiteta Maria da Luz Seixas, que conjuntamente forneceram informações e opiniões sobre o tema da Taipa, informações primordiais para a realização do presente trabalho.

À ARGEX, em especial ao Eng.º Ávila e Sousa pela cedência da Argila Expandida para a realização da parte experimental deste trabalho.

À Amorim Isolamentos, S.A., Unidade Industrial de Vendas Novas em especial ao diretor da Unidade Industrial, Sr. Joaquim Carvalho, pela cedência dos granulados de cortiça expandida para a realização da parte experimental do meu trabalho.

Ao Professor Doutor António Correia, do departamento de Física e ao seu assistente Mestre Paulo Amaral, que me ajudaram a concretizar todos os ensaios térmicos.

À Professora Doutora Isabel Duarte, que me orientou nos ensaios no Laboratório de Geociências, assim como à assistente técnica D. Sandra Cruz, pela ajuda na realização dos ensaios geotécnicos ao solo.

À Professora Doutora Paula Faria, pela autorização da utilização do Laboratório de Geociências assim como os equipamentos necessários para realizar os ensaios.

E finalmente à minha esposa Sandra e à minha filha, Ana Beatriz, que tanto as privei da minha presença. Sendo destas duas, todo incentivo e paciência ao tempo tomado durante a elaboração desta dissertação.

Análise do comportamento térmico de paredes de taipa

Resumo

As paredes em taipa apresentam uma elevada inércia térmica que dadas características climáticas do sul de Portugal, poderá melhorar o comportamento térmico dos edifícios que a integram. Porém a alta condutibilidade térmica da taipa é um ponto importante a melhorar de forma a tornar a taipa uma solução de envolvente exterior vertical opaca que cumpre o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Neste trabalho procurou-se reduzir este componente com a incorporação de dois tipos de materiais isolantes: argila expandida e granulado de cortiça. Para tal, foram preparadas diversas composições de terra com a incorporação de argila expandida e de granulado de cortiça sem comprometer a necessária resistência mecânica. Cada uma destas composições foi depois submetida a ensaios para medição da condutibilidade térmica e da resistência à compressão. Os resultados obtidos foram comparados com os valores recomendados por normas e documentos de referência.

Palavras-Chave:

- Construção em terra
- Taipa
- Sustentabilidade
- Soluções térmicas

Analysis of the thermic behavior of rammed earth walls

Abstract

The rammed-earth-walls construction possesses an high thermic inertia. As the southern of Portugal clime is characterized by extreme hot summers and reasonable cold winters, use of mud based materials (taipa) in its buildings would benefit from its thermic performance. However, the mud as an undesirable high thermic conductivity. Here we have tried to reduce this parameter by using two types of insulating materials: expanded clay and granulated cork. In case the thermic conductivity can be reduced than the buildings that adopt mud as external covering vertical opaque solution, would comply with the Portuguese Thermic Performance Building Regulation (RCCTE). For this, we have prepared several bricks with different compositions by incorporating soil, expanded clay and granulated cork without compromising the required mechanical strength. Tests were conducted to measure the thermal conductivity and to measure the compressive strength. The results were compared with values and recommended by standards and specialized reference documents.

Key-Words:

- Earth building
- Rammed earth
- Sustainability
- Thermal performance

Índice

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1. - Enquadramento	1
1.2.- Objetivos do trabalho e metodologia	2
1.3.- Organização do trabalho.....	3
Capítulo 2	5
Construção em terra	5
2.1. - Considerações gerais sobre construção em taipa	10
2.1.1. – Tipologias da construção em taipa.....	13
2.1.2. – Regulamentação da construção em taipa.....	19
2.2. – Sísmica.....	23
2.3. – Sustentabilidade	26
Capítulo 3	27
Caraterização geotécnica do solo.....	27
3.1. – Enquadramento geológico do local da colheita do solo.....	28
3.2. – Ensaios para caracterização física e geotécnica do solo	29
3.2.1. - Teor em água do solo no estado natural.....	29
3.2.2. – Teor em matéria orgânica no solo.....	30
3.2.3. – Análise granulométrica das partículas do solo	31
3.2.4. - Limites de consistência de um solo a utilizar na construção.....	38
3.2.5. – Ensaio de compactação com Proctor	42
3.2.6. – Densidade das partículas	45
3.2.7. – Ensaios “in situ”	47
3.3. - Classificações geotécnicas para fins de engenharia	47
3.3.1. – Diagrama triangular de Feret.....	47
3.3.2. – Massa volúmica	48
3.3.3. – Classificação da plasticidade de um solo	48
3.3.4. – Grau de atividade das argilas.....	49
3.3.5. – Classificação quanto à retração do solo	49
3.3.6. - Classificação geotécnica do Sistema Unificado	49
Capítulo 4	50
Resistência mecânica	50
4.1. – Preparação dos provetes para ensaios	50
4.2. – Ensaios de compressão uniaxial em provetes com 21 dias de cura.....	53
4.2.1. – Provetes de solo original	54
4.2.2. – Provetes de solo com mistura de argila expandida 2-4	57
4.2.3. – Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 2-10	66
4.2.4. - Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 3-5	74
4.2.5. – Interpretação dos ensaios à compressão com 21 dias de secagem.....	82
4.3. – Ensaios de compressão uniaxial depois dos 28 dias	83
4.3.1. – Provetes de solo com mais de 28 dias de secagem	83
4.3.2. - Provetes de solo com mistura de argila expandida 2-4.....	85
4.3.3. - Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 2-10	93
4.3.4. - Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 3-5	101
4.3.5. – Interpretação dos ensaios à compressão com 28 dias de secagem.....	109
4.4. – Ensaios de compressão uniaxial em provete cilíndrico de solo aos de 28 dias de cura	109

4.5. – Influência dos dias de cura na resistência mecânica dos provetes.....	111
4.5.1. – Teor de humidade nos provetes com mais de 28 dias	112
4.5.2. – Resistência com o aumento dos dias de cura.....	113
Capítulo 5	115
Caraterização térmica dos provetes.....	115
5.1. – Comportamento térmico	115
5.1.1. – Comportamento térmico do solo original.....	117
5.2.- Comportamento térmico do solo com adição de argila expandida	118
5.2.1. – Comportamento térmico da mistura solo/argila expandida 2-4.....	118
5.3. – Comportamento térmico do solo original com adição de granulado de cortiça	121
5.3.1. – Comportamento térmico do solo original com granulado de cortiça 2-10.....	121
5.3.2. – Comportamento térmico do solo original com granulado de cortiça 3-5.....	123
5.4. - Coeficiente transmissão térmico	125
5.5. – Discussão de resultados	127
Capítulo 6.....	129
Conclusões.....	129
6.1. – Análise e conclusões a retirar do trabalho	129
6.1.1 – Resultado de compressão simples.....	129
6.1.2 – Resultados térmicos	129
6.2. – Desenvolvimento para o futuro	130
Referências Bibliográficas.....	132
Anexos	136
Anexo A1 - Gráficos de ensaios geotécnicos	137
Anexo A2 - Dados dos ensaios de compressão dos provetes de 100% solo aos 21 dias de cura.....	140
Anexo A3 – Dados dos ensaios de provetes de solo com argila expandida 2-4 aos 21 dias	144
Anexo A4 – Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e solo com argila expandida 2-4 aos 21 dias de cura	157
Anexo A5 – Dados dos ensaios de provetes de solo com granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura.....	160
Anexo A6 – Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e provetes de solo com granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias cura.....	173
Anexo A7 – Dados dos ensaios nos provetes de solo com granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura.....	176
Anexo A8 - Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e provetes de solo com granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias cura.....	189
Anexo A9 - Dados dos ensaios de compressão dos provetes de 100% solo a mais 28 dias de cura.192	
Anexo A10 – Dados dos ensaios de provetes de solo com 10% argila expandida 2-4 com mais 28 dias cura.....	197
Anexo A11 - Dados comparativos de provetes de solo e solo mais argila expandida 2-4	214
Anexo A12 - Dados dos ensaios de provetes de solo mais granulado de cortiça 2-10 com mais 28 dias cura.....	217
Anexo A13 – Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 2-10	234
Anexo A14 - Dados dos ensaios de provetes de solo mais granulado de cortiça 3-5 com mais 28 dias cura.....	237
Anexo A15 - Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 3-5	254
Anexo A16 - Dados dos ensaios de compressão em cilindros de solo aos 28 dias de cura	257
Anexo A17 - Fichas técnicas dos componentes utilizados na mistura com o solo	265

Índice de figuras

Capítulo II

<i>Figura 2.1 - Distribuição de arquitetura em terra no mundo (Torgal, et al., 2009)</i>	5
<i>Figura 2.2 - Diagrama de classificação dos tipos de construção em terra (Fernandes, 2006)</i>	5
<i>Figura 2.3 - Taipal e os seus vários componentes (Rocha, 2005)</i>	6
<i>Figura 2.4 - Castelo de Alcácer do Sal (CMAS, 2007)</i>	8
<i>Figura 2.5 - Castelo de Paderne (Rosa dos Ventos, 2004)</i>	9
<i>Figura 2.6 - Distribuição geográfica da construção em taipa (Jorge, et al., 2005)</i>	10
<i>Figura 2.7 – Utensílios usados na compactação da terra na construção em taipa (Torgal, et al., 2009)</i>	11
<i>Figura 2.8 - Foto do curso de construção taipa em Cabaços, Odemira (Nelson, 2006)</i>	11
<i>Figura 2.9 – Ruínas em Alvalade de construção em taipa (Quaresma, 2011)</i>	12
<i>Figura 2.10 - Monte típico alentejano degradado (Correia, 2007)</i>	13
<i>Figura 2.11 - Esboço de monte típico alentejano (Correia, 2007)</i>	14
<i>Figura 2.12 - Casa típica alentejana degradada e abandonada (Correia, 2007)</i>	14
<i>Figura 2.13 - Esboço de casa típica alentejana degradada e abandonada (Correia, 2007)</i>	15
<i>Figura 2.14 - Adega alentejana degradada e abandonado (Correia, 2007)</i>	15
<i>Figura 2.15 - Esboço de adega alentejana degradada e abandonada (Correia, 2007)</i>	16
<i>Figura 2.16 - Construção recente com vigas e pilares em betão (Schereck, 2010)</i>	16
<i>Figura 2.17 - Casa em taipa com novas técnicas (Schereck, 2010)</i>	17
<i>Figura 2.18- Casa em taipa com novas técnicas</i>	17
<i>Figura 2.19- Centro de Monitorização da ETAR de Évora</i>	18
<i>Figura 2.20 - Compactador pneumático, utilizado na Adega da Herdade do Rocim - Cuba (Fotos facultadas pela empresa Betão & Taipa, Lda.)</i>	18
<i>Figura 2.21 - Presença de contrafortes na construção em taipa</i>	19
<i>Figura 2.22 - Montes típicos Alentejanos abandonados</i>	20
<i>Figura 2.23 - Modelação de uma construção em taipa com contraforte e vigas de bordadura (Parreira, 2007)</i>	24

Capítulo III

<i>Figura 3.1 – Local de recolha do solo (Google_earth, 2006)</i>	27
<i>Figura 3.2- Extracto da Carta Geológica de Portugal,</i>	28
<i>Figura 3.3 - Equipamento LECO SC-144DR</i>	30
<i>Figura 3.4 - Célula IR do sistema de detecção de carbono e enxofre</i>	31
<i>Figura 3.5 – Barcos para colocar as amostras de solo</i>	31
<i>Figura 3.6 – Tubo de Combustão</i>	31
<i>Figura 3.7 - Agitador com bateria de peneiros utilizados de malha grossa</i>	32
<i>Figura 3.8- Agitador com bateria de peneiros utilizados de malha fina</i>	33
<i>Figura 3.9 – Granulometria dos peneiros 37,5mm, 25mm e 19mm (Grossos)</i>	33
<i>Figura 3.10 - Granulometria dos peneiros 9,5mm, 4,75mm e 2mm (grossos)</i>	33
<i>Figura 3.11 - Granulometria dos peneiros 0,850mm e 0,425mm (Finos)</i>	34
<i>Figura 3.12 - Granulometria dos peneiros 0,250mm e 0,100mm (Finos)</i>	34
<i>Figura 3.13- Equipamento Sedigraph</i>	34
<i>Figura 3.14 - Sistema de raios X do Sedigraph</i>	35
<i>Figura 3.15 – Curva granulométrica do solo em estudo</i>	37
<i>Figura 3.16 - Concha de Casagrande modelo manual e riscador</i>	39

<i>Figura 3.17 – Amostra de solo e ensaio da Concha de Casagrande com sulco no solo</i>	39
<i>Figura 3.18 - Amostras para cálculo do limite de liquidez</i>	39
<i>Figura 3.19 – Solo para efectuar os provetes cilíndricos por rolagem</i>	41
<i>Figura 3.20 - Amostras para o cálculo de limite plasticidade</i>	41
<i>Figura 3.21 - Ensaio Proctor pesado molde grande (55 pancadas por camada)</i>	43
<i>Figura 3.22 – Molde grande do Proctor e desmoldagem do molde após compactação</i>	43
<i>Figura 3.23 - Amostras do solo do ensaio Proctor antes de seco e depois de seco na estufa</i>	44
<i>Figura 3.24 - Picnómetros com solo e água destilada para cálculo da densidade das partículas</i>	45
<i>Figura 3.25 – Diagrama triangular de Feret - Indicativos de uso para taipa e blocos (Moran, 1984)</i>	48

Capítulo IV

<i>Figura 4.1– Molde para efectuar os provetes para o estudo e provete de solo original</i>	50
<i>Figura 4.2– Equipamento utilizado na compactação dos provetes (Hilti, 2009)</i>	51
<i>Figura 4.3 – Equipamento utilizado na compactação pela Betão & Taipa, Lda (Pneumatic, 2011)</i>	51
<i>Figura 4.4 – Provetes necessários para a realização dos ensaios mecânicos e térmicos</i>	51
<i>Figura 4.5 – Acessórios utilizados no equipamento para efectuar a compactação dos provetes</i>	52
<i>Figura 4.6– Argila expandida 2-4 e granulado de cortiça 3-5 e 2-10</i>	53
<i>Figura 4.7- Gráfico dos ensaios em provetes 100% solo</i>	56
<i>Figura 4.8– Ensaio de compressão uniaxial no equipamento CBR Test</i>	57
<i>Figura 4.9– Provelte na fase de rotura</i>	57
<i>Figura 4.10 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% argila expandida 2-4</i>	59
<i>Figura 4.11 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% argila expandida 2-4</i>	61
<i>Figura 4.12 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% argila expandida 2-4</i>	63
<i>Figura 4.13 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% argila expandida 2-4</i>	65
<i>Figura 4.14- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% granulado de cortiça 2-10</i>	67
<i>Figura 4.15- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% granulado de cortiça 2-10</i>	69
<i>Figura 4.16- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura</i>	71
<i>Figura 4.17- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura</i>	73
<i>Figura 4.18- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura</i>	75
<i>Figura 4.19- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura</i>	77
<i>Figura 4.20- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura</i>	79
<i>Figura 4.21- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura</i>	81
<i>Figura 4.22- Gráfico dos ensaios em provetes 100% solo com mais de 28 dias de cura</i>	84
<i>Figura 4.23 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura</i>	86
<i>Figura 4.24 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura</i>	88
<i>Figura 4.25 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura</i>	90
<i>Figura 4.26- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura</i>	92
<i>Figura 4.27 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 10% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura</i>	94
<i>Figura 4.28 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 15% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura</i>	96

<i>Figura 4.29 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 20% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura</i>	98
<i>Figura 4.30 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 25% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura</i>	100
<i>Figura 4.31 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 10% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura</i>	102
<i>Figura 4.32- Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 15% granulado de cortiça 3-5 a mais de 28 dias de cura</i>	104
<i>Figura 4. 33 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 20% granulado de cortiça 3-5 a mais de 28 dias de cura</i>	106
<i>Figura 4.34 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 25% granulado de cortiça 3-5 a mais de 28 dias de cura</i>	108
<i>Figura 4.35– Provetes cilíndricos Ø10 x 15cm</i>	110
<i>Figura 4.36– Ensaio de compressão simples dos provetes cilíndricos</i>	110
<i>Figura 4.37- Rompimento dos provetes cilíndricos</i>	111
<i>Figura 4.38 – Gráfico representativo da influência dos dias de cura na resistência mecânica na taipa</i>	114

Capítulo V

<i>Figura 5.1– Aparelho de medição Isomet 2104</i>	115
<i>Figura 5.2 – Sonda superficial no provete de Solo</i>	116
<i>Figura 5.3 – Orientação das leituras nos provetes</i>	116
<i>Figura 5.4- Determinação da condutibilidade térmica nas diferentes faces de um provete (face A, B e C)</i>	117

Índice quadros

Capítulo II

<i>Quadro 2.1 - Explicativo do diagrama (da figura 2.2) por famílias e tipos de construção (Fernandes, 2006).....</i>	<i>6</i>
<i>Quadro 2.2 - Valores de referência das tensões resistentes mínima de paredes em terra (Delgado & Guerrero, 2006).....</i>	<i>20</i>
<i>Quadro 2.3 - Resistência à compressão para o adobe e taipa em função do tipo de estabilização (Delgado & Guerrero, 2006).....</i>	<i>21</i>
<i>Quadro 2.4 - Valor da resistência para a taipa (NZ4297, 1998).....</i>	<i>23</i>

Capítulo III

<i>Quadro 3.1 - Teor de água no solo.....</i>	<i>29</i>
<i>Quadro 3.2 - Massa retida e passada nos peneiros utilizados na análise granulométrica</i>	<i>36</i>
<i>Quadro 3.3 – Limite de consistência de um solo segundo (Doat, et al., 1979).....</i>	<i>38</i>
<i>Quadro 3.4 - Cálculo do limite de liquidez</i>	<i>40</i>
<i>Quadro 3.5 - Cálculo dos limites de plasticidade.....</i>	<i>41</i>
<i>Quadro 3.6 - Cálculo do teor de humidade ótimo e da massa volúmica seca</i>	<i>44</i>
<i>Quadro 3.7 – Ensaio de compactação Proctor.....</i>	<i>44</i>
<i>Quadro 3.8 – Cálculo da densidade das partículas.....</i>	<i>46</i>
<i>Quadro 3.9 – Tabela cálculo do factor k, correspondência entre temperatura/densidade</i>	<i>46</i>
<i>Quadro 3.10 – Classificação da massa volúmica seca depois da compactação (Doat, et al., 1979).....</i>	<i>48</i>
<i>Quadro 3.11 – Classificação da plasticidade segundo (Doat, et al., 1979).....</i>	<i>48</i>
<i>Quadro 3.12 – Grau de atividade das argilas (Doat, et al., 1979).....</i>	<i>49</i>
<i>Quadro 3.13 – Classificação da retração de um solo (Houben & Guillard, 2006).....</i>	<i>49</i>

Capítulo IV

<i>Quadro 4.1– Teor de humidade nos provetes de solo original aos 21 dias.....</i>	<i>54</i>
<i>Quadro 4.2- Teor de humidade nos provetes de solo mais argila expandida aos 21 dias</i>	<i>54</i>
<i>Quadro 4.3 – Resistência à compressão dos provetes de solo original</i>	<i>55</i>
<i>Quadro 4.4- Resistência à compressão dos provetes de solo com 10% de argila expandida 2-4.....</i>	<i>58</i>
<i>Quadro 4.5- Tensões compressão uniaxial dos provetes com 15% de argila expandida 2-4.....</i>	<i>60</i>
<i>Quadro 4.6- Tensões compressão uniaxial dos provetes com 20% de argila expandida 2-4.....</i>	<i>62</i>
<i>Quadro 4.7- Tensões compressão uniaxial dos provetes com 25% de argila expandida 2-4.....</i>	<i>64</i>
<i>Quadro 4.8- Resistência à compressão dos provetes de solo com 10% de granulado de cortiça 2-10.....</i>	<i>66</i>
<i>Quadro 4.9- Resistência à compressão dos provetes de solo com 15% de granulado de cortiça 2-10.....</i>	<i>68</i>
<i>Quadro 4.10 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 20% de granulado de cortiça 2-10.....</i>	<i>70</i>
<i>Quadro 4.11 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 25% de granulado de cortiça 2-10.....</i>	<i>72</i>
<i>Quadro 4.12- Resistência à compressão dos provetes de solo com 10% de granulado de cortiça 3-5.....</i>	<i>74</i>
<i>Quadro 4.13 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 15% de granulado de cortiça 3-5.....</i>	<i>76</i>
<i>Quadro 4.14 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 20% de granulado de cortiça 3-5.....</i>	<i>78</i>
<i>Quadro 4.15- Resistência à compressão dos provetes de solo com 25% de granulado de cortiça 3-5.....</i>	<i>80</i>
<i>Quadro 4.16 – Ensaio de compressão em provetes de solo original.....</i>	<i>83</i>
<i>Quadro 4.17 – Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 10% de argila expandida 2-4</i>	<i>85</i>

<i>Quadro 4.18 - Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 15% de argila expandida 2-4</i>	87
<i>Quadro 4.19- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 20% de argila expandida 2-4</i>	89
<i>Quadro 4.20- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 25% de argila expandida 2-4</i>	91
<i>Quadro 4.21- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 10% de granulado de cortiça 2-10</i>	93
<i>Quadro 4.22- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 15% de granulado de cortiça 2-10</i>	95
<i>Quadro 4.23- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 20% de granulado de cortiça 2-10</i>	97
<i>Quadro 4.24- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 25% de granulado de cortiça 2-10</i>	99
<i>Quadro 4.25- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 10% de granulado de cortiça 3-5</i>	101
<i>Quadro 4.26- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 15% de granulado de cortiça 3-5</i>	103
<i>Quadro 4.27- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 20% de granulado de cortiça 3-5</i>	105
<i>Quadro 4.28- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 25% de granulado de cortiça 3-5</i>	107
<i>Quadro 4.29 – Resumo do ensaio de provetes cilíndricos de solo aos 28 dias de cura</i>	110
<i>Quadro 4.30– Teor de humidade nos provetes a mais de 28 dias</i>	112
<i>Quadro 4.31- Teor de humidade nos provetes de solo cilíndricos aos 28 dias</i>	113
<i>Quadro 4.32– Aumento da resistência média com os dias de cura</i>	114

Capítulo V

<i>Quadro 5.1– Características da sonda plana utilizada para a determinação laboratorial da condutibilidade térmica dos provetes deste trabalho</i>	116
<i>Quadro 5.2 – Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo original segundo o eixo Y</i>	117
<i>Quadro 5.3 – Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo original segundo o eixo X</i>	118
<i>Quadro 5.4 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e argila expandida 2-4 segundo o eixo Y</i>	119
<i>Quadro 5.5 – Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e argila expandida 2-4 segundo o eixo X</i>	120
<i>Quadro 5.6 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e solo com granulado de cortiça 2-10 segundo o eixo Y</i>	121
<i>Quadro 5.7 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica no solo e solo mais granulado de cortiça 2-10 segundo eixo X</i>	122
<i>Quadro 5.8- Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 3-5 segundo o eixo Y</i>	123
<i>Quadro 5.9 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 3-5 segundo o eixo X</i>	124

Capítulo 1

Introdução

1.1. - Enquadramento

A escolha do tema “Análise do comportamento térmico de paredes de taipa” deve-se ao facto de que a taipa, que é uma solução construtiva sustentável, carece de um estudo mais aprofundado, nomeadamente do ponto de vista térmico. A construção em terra é 100% reutilizável e os edifícios que a integram oferecem, durante uma parte significativa do ano, conforto térmico sem recurso à utilização de energia auxiliar.

Até meados do século passado, numa parte significativa do Alentejo e Algarve, abundava construção em taipa. Hoje a construção deste tipo é muito escassa e o seu progressivo abandono tem provocado a perda de mestres com conhecimentos necessários, nomeadamente para escolha do solo e percepção da humidade ideal para a compressão do solo entre os taipais. (Torgal e Jalali, 2010)

Os impactos ambientais para obtenção do betão são cada vez maiores, desde a extração do calcário até à obtenção dos agregados através de pedreiras. Este processo contribui para a destruição dos ecossistemas nos locais de extração. Mais ainda, o betão depois de usado não é reutilizável. A obtenção de uma tonelada de cimento Portland é responsável pela emissão de cerca de 0,55 tonelada de dióxido de carbono por tonelada de betão. O processo de calcinação (1450 °C) emite 0,3 toneladas de dióxido de carbono por tonelada de material, resultante da queima de combustíveis durante o processo industrial de obtenção do cimento. A isto, temos ainda que acrescentar o custos de obtenção dos agregados, consoante a distância da origem onde são obtidos ao local de processamento. Para contrariar este último facto, tem aumentado a procura dos agregados cada vez mais perto dos locais das grandes construções, originando assim a proliferação de pedreiras e um ambiente degradável que afecta a biodiversidade (Torgal, 2011). Em resultado disto, na última década tem vindo a crescer o interesse em torno da criação de alternativas das quais as técnicas e matérias de construção antigas também têm sido contempladas.

O “Manual de Boas Práticas” (Caldas, 2010) refer que grande parte da nossa fatura energética vai para o consumo nos edifícios, contabilizando cerca 40% da energia mundial. Isto demonstra claramente a importância da eficiência energética dos edifícios na redução do consumo de energia, sendo por isso imperativo a sua redução. Porém, para que tal aconteça o sistema de construção tem de ter um papel mais eficiente na poupança energética, pelo que a União Europeia publicou a diretiva nº 2002/91/CE a 4 de Janeiro de 2003, regulamentando a redução energética nos edifícios. Em Portugal esta diretiva foi transposta e contemplada no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei 80 de 4 de abril 2006 (DL80/2006, 2006). Esta, vem claramente impor a limitação do consumo energético dos edifícios novos abrindo espaço para alternativas como a construção em taipa.

A construção em taipa é tida como uma técnica bastante antiga e popular cujo comportamento relativamente às variações da temperatura do ar exterior é bastante reputado.

Presentemente não só é desejável aproveitar esta forma de construir como ainda é possível melhorar o seu comportamento térmico.

Os edifícios com paredes em taipa apresentam uma elevada inércia térmica o que, dadas as características climáticas de Portugal, beneficia o seu comportamento térmico. No entanto, seria desejável que a condutibilidade térmica da taipa fosse menor. Atendendo a estes aspetos e à melhoria da eficiência energética das habitações, neste trabalho são apresentados os resultados dos ensaios realizados em laboratório sobre novas soluções de construção em terra. Neste caso em particular, utilizou-se o granulado de cortiça e a argila expandida, materiais que são produzidos a partir de matérias primas que abundam na região (Alentejo e Algarve). A utilização destes materiais foi efectuada com diferentes percentagens de forma a estudar o seu impacto na diminuição da condutibilidade térmica da taipa sem comprometer a sua resistência à compressão.

Numa altura em que se pretende cada vez mais ter uma construção sustentável, é necessário encontrar alternativas aos materiais e técnicas de construção contemporâneas. Por exemplo, a redução da condutibilidade das paredes exteriores na construção em taipa (ou terra crua), leva à diminuição da emissão de CO₂ para o ambiente, conforme recomendado no protocolo de Quioto. No entanto, as habitações feitas em taipa, são cada vez mais raras em Portugal. Apesar da criação de várias associações e seminários para preservar e promover este tipo de arquitetura, os materiais mais modernos (e.g., betão, tijolo cerâmico) continuam a dominar, sobretudo porque estes requerem menos mão-de-obra do que a construção em taipa.

1.2.- Objetivos do trabalho e metodologia

Nesta Dissertação de Mestrado pretende-se ensaiar a diminuição da condutibilidade térmica da taipa utilizando dois tipos de matérias-primas: argila expandida e granulado de cortiça. Além de serem excelentes redutores de condutibilidade térmicos são ambos produtos naturais. Tenta-se assim aumentar a resistência térmica da parede de taipa relativamente ao valor apurado na informação Técnica Edifícios n.º50 (ITE-50) (Santos & Matias, 2006) deste material utilizado pelos nossos antepassados. Atualmente a construção em taipa é desincentivada uma vez que coeficiente de transmissão térmica é superior ao valor recomendado para elementos opacos da envolvente exterior vertical nas construções feitas na zona climática I₁ definida pelo RCCTE. Ora em Portugal as regiões em que mais se utiliza esta técnica de construção pertencem a esta zona climática (Alentejo e Algarve)..

O principal objetivo deste trabalho é calcular, em pequenos provetes cúbicos de 10cm x 10cm x 10cm, a condutibilidade térmica de uma amostra de solo com características adequadas à construção em taipa. Assim recolheram-se amostras de solo no concelho de Serpa, por ser a região onde este tipo de construção ainda se executa. Posteriormente, realizaram-se provetes com a mesma dimensão, com mistura de solo original e argila expandida com granulometria 2-4 e solo original com granulado de cortiça; desta última testaram-se dois tipos de granulometria (granulometria 3-5 mm, 2-10 mm). Estes dois tipos de materiais isolantes foram adicionados ao solo original em diferentes percentagens: 10, 15, 20 e 25%. Foram executados sete provetes de cada tipo das diferentes granulometrias e das diferentes percentagens. Após 28 dias de cura,

realizaram-se as medições da condutibilidade térmica de cada provete e efetuaram-se os ensaios de compressão.

Para tal foram efetuados em laboratório ensaios com equipamento específico, tentou-se ser o mais rigoroso e ter sempre presente a mesma técnica para todos os provetes e que as misturas foram as mais homogêneas possíveis, para que se conseguir os objetivos pretendidos. Com este tipo de teste pretende-se assim obter uma melhoria na condutibilidade térmica da taipa, para que se consigam obter valores que permitiram conferir os valores de referência indicados no Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) para zonas climáticas I₁ de Portugal e que impulse mais a construir quando novo o ecológico, sustentável, social e económico no consumo de energia tanto na obtenção dos materiais utilizados assim como no consumo energia para o conforto.

Este trabalho iniciou-se pela recolha do solo e posteriormente pela sua caracterização com os diversos ensaios em laboratório geotécnico. Após saber as suas características físico-químicas e o teor óptimo de humidade para compactar, inicia-se a elaboração dos provetes que serviram para os ensaios mecânicos como térmicos.

Os primeiros ensaios mecânicos iniciaram-se vinte e um dias após colocação em provetes - três provetes de cada tipo solo escolhidas aleatoriamente. Os ensaios térmicos foram efetuados aos vinte oito dias, por ser este período que a maioria das referências bibliográficas indica como o necessário para a estabilização do solo em termos de humidade e findo o qual se podem efetuar as medições térmicas. Os ensaios mecânicos aos outros quatro provetes, foram feitos tendo sempre em conta o teor de humidade residual.

1.3.- Organização do trabalho

Esta Dissertação de Mestrado será estruturada em torno dos seguintes pontos fundamentais:

- O que é a taipa,
- A construção de taipa,
- As características construtivas e geotécnicas.

Abordou-se o local originário do solo utilizado neste estudo, assim como todos os ensaios geotécnicos necessários para caracterizar solo original. Estes foram efetuados nos laboratórios do Departamento de Geociências da Universidade de Évora. Para tal contou-se com o apoio da docente da disciplina de Geologia da Engenharia. Para o ponto fulcral da Dissertação, a obtenção da resistência térmica dos provetes de solo compactado foram realizados com o apoio do Departamento de Física da Universidade de Évora, que é detentor de equipamento de medição da condutibilidade térmica de materiais. Em termos experimentais utilizou-se a prensa do Laboratório de Geociências para realizar os ensaios mecânicos onde se obtiveram os valores da resistência à compressão uniaxial dos provetes. Sendo significativa a variação da taxa de compressão sustentada pela taipa em função da mistura de dois componentes..

O último ponto da dissertação, abordou a análise final térmica dos resultados obtidos na parte experimental tendo em conta a resistência térmica da taipa versus a compressão uniaxial, tentando obter um significativo aumento da resistência térmica. O objetivo principal desta

Dissertação de Mestrado é obter uma menor condutibilidade térmica para a taipa por forma a que esta se enquadre na legislação térmica em vigor (RCCTE). Caso consigamos obter esse enquadramento, temos assim como uma solução construtiva a taipa, como a existente na região na década de 50/60 do século passado.

Sucintamente, no segundo capítulo será feita uma abordagem sobre a construção taipa, assim como a sua distribuição pelo mundo, famílias e tipos de construção em terra, bem como a sua resistência tanto à compressão como aos sismos. Por último, nesse capítulo é ainda abordada a problemática da construção sustentável.

No terceiro capítulo, são descritos todos os ensaios geotécnicos realizados ao solo original assim como a caracterização segundo o Sistema Unificado para fins de utilização em engenharia.

No quarto capítulo, são descritos a preparação dos provetes para os ensaios térmicos e mecânicos. Serão apresentados também os resultados dos ensaios à compressão efetuados aos 21 dias e após 28 dias de cura nos provetes.

O quinto capítulo, são descritos os ensaios térmicos. São estes ensaios que têm mais relevância na obtenção do objetivo principal desta tese: a diminuição da condutibilidade térmica.

Por último, no sexto capítulo, são expostos e analisados os resultados obtidos dos ensaios que se efetuaram (ensaios mecânicos e térmicos), assim como melhoramento do coeficiente transmissão térmica de uma parede em taipa. Neste capítulo último serão ainda deixadas algumas considerações para o futuro.

Capítulo 2

Construção em terra

Não é consensual a época em que o homem começou a utilizar a terra como matéria prima na construção. Na Mesopotâmia, encontram-se ainda vestígios de edifícios construídos com este tipo de material, datados de há mais de 9000 anos (Torgal, *et al.*, 2009). Presentemente a sua distribuição mundial é bastante extensa (Figura 2.1).

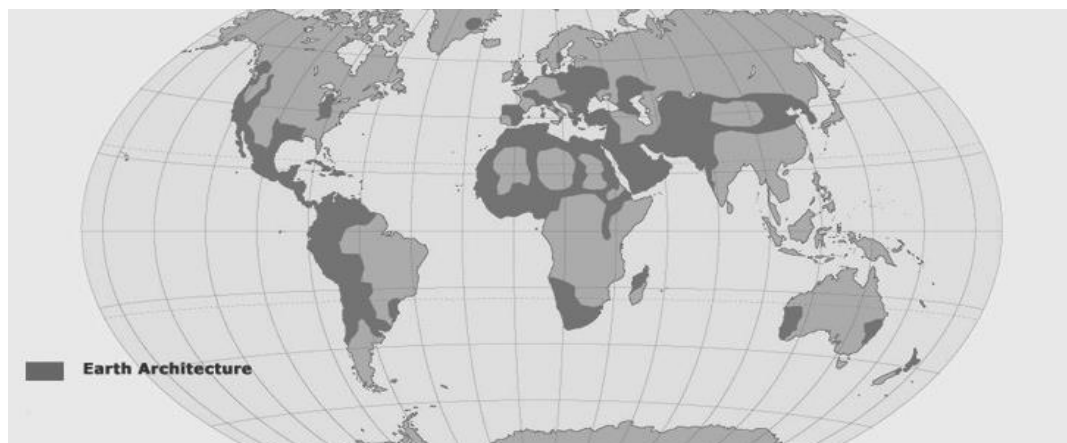


Figura 2.1 - Distribuição de arquitetura em terra no mundo (Torgal, *et al.*, 2009)

Um grupo francês do "Centre International de Recherches et d'Applications pour la Construction en Terre" (CRATerre) elaborou um diagrama, com as diferentes famílias do sistema de construção em terra, desde construções mais antigas até às mais modernas, cujo denominador comum é o uso da terra como matéria-prima (Houben e Guillard, 2006). Mais tarde, o diagrama das várias famílias de construção em terra foi cedido para a apresentação de vários seminários realizados anualmente pela ICOMOS.

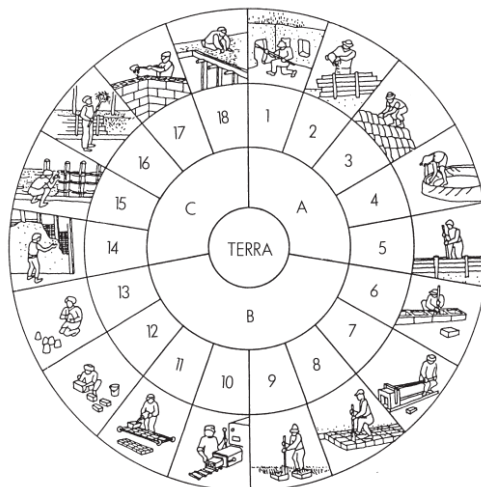


Figura 2.2 - Diagrama de classificação dos tipos de construção em terra (Fernandes, 2006)

Quadro 2.1 - Explicativo do diagrama (da figura 2.2) por famílias e tipos de construção (Fernandes, 2006)

A Utilização da terra sob a forma monolítica e portante	B Utilização da terra sob a forma de alvenarias portantes	C Utilização da terra como enchimento dum estrutura de suporte
1 – Terra escavada	6 - Blocos apiloados	14 – Terra de recobrimento
2 – Terra plástica	7 – Blocos prensados	15 – Terra sobre engradado
3 – Terra empilhada	8 – Blocos cortados	16 – Terra palha
4 – Terra modelada	9 – Torrões de terra	17 – Terra de enchimento
5 – Terra prensada: taipa	10 – Terra extrudida	18 – Terra de cobertura
	11 – Adobe mecânico	
	12 – Adobe manual	
	13 – Adobe moldado	

É na família A, construção monolítica, que está inserida a construção em taipa, também conhecida por construção prensada ou de terra compactada com maço entre taipais.

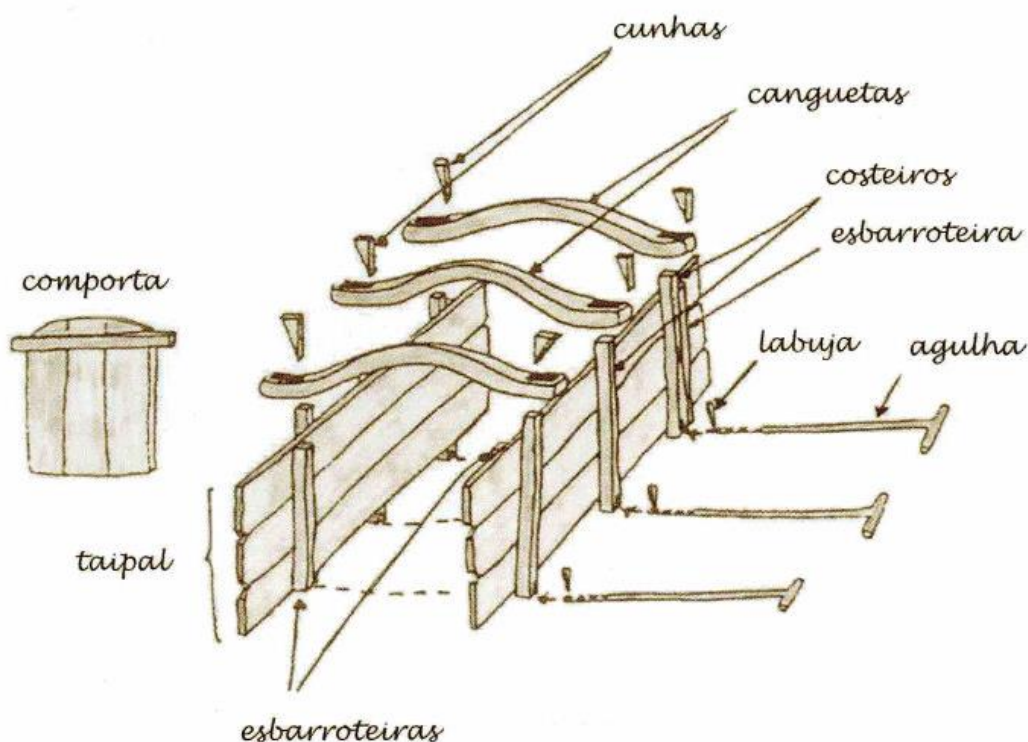


Figura 2.3 - Taipa e os seus vários componentes (Rocha, 2005)

Podemos encontrar a construção em terra em todo o mundo. Onde quer que haja falta de pedra ou madeira, a solução é a utilização da terra.

Ao contrário do que se possa imaginar, e tendo em vista a relativa modéstia da realidade portuguesa, existem no mundo grandes edifícios e cidades inteiras construídas em terra.

Pensa-se que a construção em terra chegou à Península Ibérica durante a ocupação islâmica e aqui teria sido desenvolvido este método construtivo à semelhança do que era feito no mundo árabe.

Os construtores árabes melhoraram algumas técnicas desta construção, essencialmente a taipa militar, em que adicionavam cal à terra, conseguindo assim edificar castelos que sobreviveram até aos nossos dias.

No entanto, a construção em terra remonta a épocas antigas da pré-história uma vez que o homem sempre necessitou de abrigo. Porém é de esperar que ao longo dos tempos estes foram sendo cada vez mais aperfeiçoados, elaborados e eficazes, utilizando sempre os materiais de que dispunham na natureza e na região onde se inseriam as construções.

Em Portugal, embora seja a sul onde se utiliza a construção em terra, há vestígios deste tipo de solução construtiva por todo o país. Para além de existir também construção em pedra e cal, a construção em taipa era bastante utilizada até à pouco tempo em moradias simples e construções de menor qualificação como estábulos e armazéns agrícolas.

Como anteriormente referido, as alvenarias de pedra e cal ou de pedra e barro são também frequentes no sul do país. A pedra que geralmente é usada é o xisto, rocha que abunda no sudoeste português, sendo utilizado o barro como argamassa, na falta de cal. Em virtude de não existirem aqui terrenos calcários, a cal tinha de ser importada e ficando por isso este tipo de construção mais onerosa. Por exemplo, sabe-se que em 1887, uma carreta de cal de Alvalade a Milfontes custava cinco tostões, quantia que já incluía o frete marítimo; mas o transporte até Alvalade ficou em 12 tostões, sendo o total 17 tostões (1700 réis), ficando deste modo mais caro o transporte que o próprio produto.

Portanto, o estereótipo de um Alentejo de construções alvas de cal é pouco plausível que existisse no passado. Sobretudo nas zonas com tradição mais serrana com taipas e alvenarias de xisto sem reboco de cal e areia. Muitas dessas casas serranas eram construídas de pedra e barro, e tinham aspecto escuro, e por isso justificava o uso de topónimos como Casa Branca, pela exceção e não pela regra.

São três as técnicas de construção em terra: a taipa, o adobe e o tabique. No entanto, nesta dissertação iremos apenas abordar a primeira. A construção em taipa baseia-se no enchimento e compactação com terra previamente molhada entre taipais, que funcionam como cofragem, sendo feito por camadas sucessivas e desencontradas para obter travamento acima do terreno. No geral, os caboucos eram de pedra até cerca de meio metro para evitar a ação da humidade ascensional. Contudo, um dos pontos fracos da taipa é a humidade pela falta de proteção de um reboco. Portanto, a taipa é uma solução que tem uma limitação climática, uma vez que é mais apropriada para áreas pouco pluviosas. Por vezes para os edifícios terem mais consistência, construíam-se contrafortes, os moirões, também utilizados nas edificações de pedra, que impediam o desequilíbrio das paredes (Quaresma, 2011). Segundo este (Quaresma, 2011), esta é uma construção pouco dispendiosa, que permite a redução de materiais e tem custos energéticos menores, dada a sua elevada eficiência energética. Este mesmo refere que até algumas fragilidades, como a escassa resistência a sismos, têm vindo a ser diminuídas. Exemplo disso são as técnicas que aconselham uma construção o mais equilibrada possível, a utilização de redes de malha plástica nas paredes e o escoramento com vigas em madeira.

Embora este tipo de construção seja muito usada em países pobres, a arquitetura de terra tem vindo a integrar projetos contemporâneos, nomeadamente nos Estados Unidos da América (Texas, Califórnia e Novo México), na Suíça e na Alemanha.

Presentemente em Portugal, assistimos a uma recuperação desta técnica milenar na arquitetura contemporânea, quando nos deparámos com projetos de Alexandre Bastos, Graça Jalles, Henrique Schreck ou Teresa Beirão (Fernandes, 2010).

A arquiteta Mariana Correia salienta que em Portugal os exemplares mais significativos desta arquitetura de terra são as construções de castelos em taipa militar, do período islâmico, do domínio Almorávia e Almóada (séc. XII e XIII), como os castelos de Alcácer do Sal ou de Paderne (Correia, 2004).



Figura 2.4 - Castelo de Alcácer do Sal (CMAS, 2007)

O castelo de Alcácer do Sal data do século II e I antes de Cristo, coincidindo com a ocupação romana, teve papel preponderante na vida económica e política do Alentejo. Com a ocupação visigoda tornou-se num dos castelos mais fortes da Península Ibérica com ocupação muçulmana, foi definitivamente conquistado integrado no Reino de Portugal em 1217. O forte perdeu a sua importância militar após a Reconquista Cristã. Atualmente podemos observar as ruínas do convento de Aracelli, a Igreja de Santa Maria, do século XIII, os restos do burgo e de habitações diversas (CMAS, 2007).



Figura 2.5 - Castelo de Paderne (Rosa dos Ventos, 2004)

Em meados do século II, foi ocupado pelos romanos e transformado em centro político e administrativo. Em 713 foi conquistado pelos mouros, mas foi tomado pela coroa portuguesa em 1248, e foi mandado restaurar por Dom Dinis. As muralhas deste castelo são de taipa com ameias e caminho de ronda que comunica com a torre de atalaia. Presentemente conservam-se vestígios de troços da muralha, do torreão de entrada e, no interior, ruínas de uma igreja com vestígios góticos e manuelinos.

No Alentejo, existem por exemplo um cineteatro em taipa e vários edifícios, nomeadamente “ montes”, mas este tipo de construção está espalhada por Portugal.

Volvidas algumas investigações encontrámos no património classificado pela UNESCO, núcleos habitacionais onde a arquitetura de terra é utilizada, como nos centros históricos de Guimarães, Porto, Évora e Angra do Heroísmo.

Não é de todo um fenómeno específico de determinada região, pois a nível mundial são mais de 100 os sítios e perto de um milhar de bens com a classificação como património da humanidade, nomeadamente no México, Guatemala, Brasil, Gana, França, Azerbaijão, Argélia, Irão e Japão.

Recentemente, com vista a aprofundar este método de construção em Portugal, têm-se realizado seminários, sendo exemplo disso o Seminário de “Arquitetura de Terra em Portugal”. Como exemplo desses seminários temos a Assembleia Geral da Rede Ibero-Americana Proterra, uma organização de cooperação técnica que promove a investigação e o desenvolvimento da construção em terra, tendo mais de 100 membros da Argentina, Brasil, Bolívia, Colômbia, Cuba, Chile, Equador, El Salvador, Espanha, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Peru, Portugal, Uruguai e Venezuela.

O 6.º Seminário de Arquitetura de Terra em Portugal/9.º Seminário Ibero-Americano de Arquitetura e Construção com Terra foi promovido pelo Centro de Estudos Arqueológicos da Universidade de Coimbra, Fundação para a Ciência e Tecnologia, Escola Superior Gallaecia, Fundação Convento da Orada, Associação Centro da Terra e Rede Ibero-Americana Proterra (Lusa, 2011).

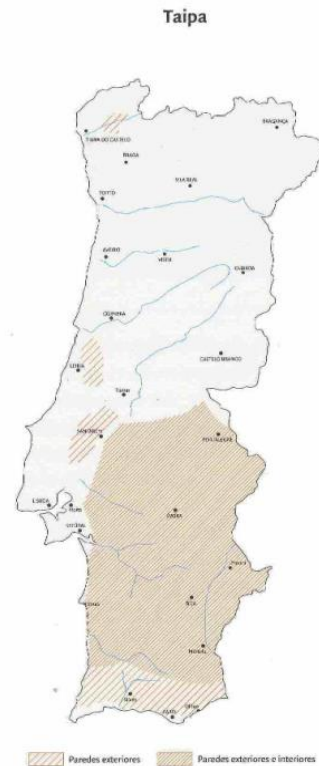


Figura 2.6 - Distribuição geográfica da construção em taipa (Jorge, *et al.*, 2005)

2.1. - Considerações gerais sobre construção em taipa

Designa-se por taipa, a mistura de barro com grãos de areia e brita, batida a maço, apertada entre taipais atravessados de fasquias. Isto corresponde a um sistema de construção milenar, que perdurou entre nós até meados do século XX, do qual os árabes foram os grandes difusores, com particular relevo na arquitetura militar, destinado sobretudo à construção de edificações, sobretudo na região do Alentejo e do Algarve (Jones, 2002). Tal facto esta implementação deve-se a uma série de fatores socioeconómicos que contribuíram para a sua perpetuação, nomeadamente por este ser um processo que permitia a utilização de mão-de-obra e matérias primas locais, e pelo próprio clima quente e seco destas regiões ser favorável à conservação destas estruturas.

Esta forma de construir fundamenta-se na produção de uma estrutura de parede autoportante, firmada por pedaços de terra compactada, feita por apiloamento manual entre taipais de madeira. Esta técnica está bem enraizada na cultura local, existindo um adágio popular que a descreve do seguinte modo “Para se fazer uma boa taipa, a terra deve ser carregada por um coxo e batida por um louco” (Varandas, 2004) quer isto dizer, que a terra deve ser transportada com lentidão, de modo a permitir a quem bate a terra, normalmente dois homens, designados de taipeiros, o façam vigorosamente e insistentemente. Atualmente, o processo de compressão da terra é feito com pilões pneumáticos. As ferramentas manuais (pilão e maço) usadas na

compactação da terra estão representadas na figura 2.7 as antigas e outras mais recente à direita, onde passam de madeira para ferro (Varandas, 2004).

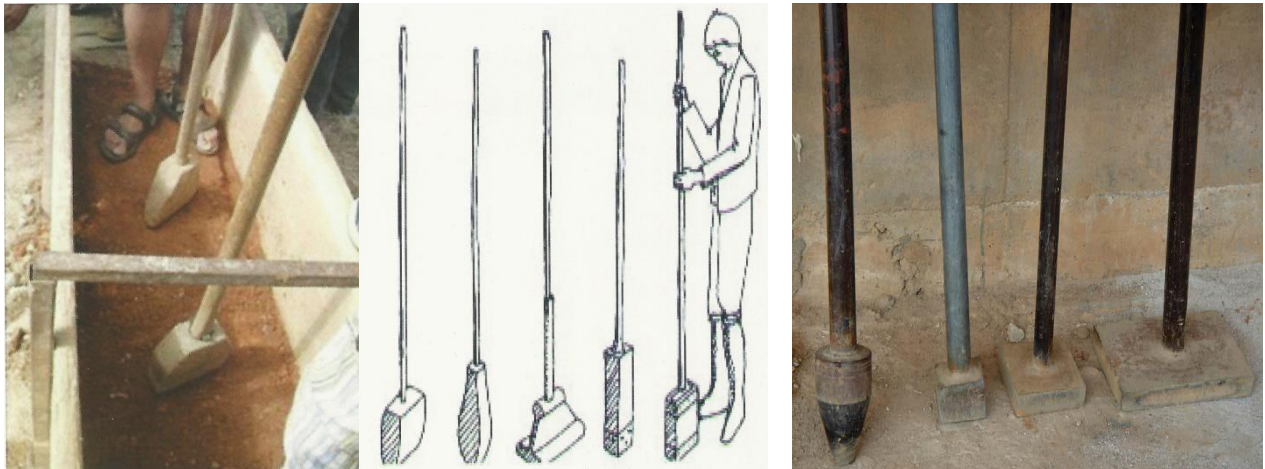


Figura 2.7 – Utensílios usados na compactação da terra na construção em taipa (Torgal, *et al.*, 2009)

Também a escolha da terra para a construção das paredes deve ter um grau de gordura certo, porque se a argila for muito gorda, ao secar poderá causar fendas de retração. Mas se a terra for pouca argilosa, não terá as características aglutinantes imprescindíveis para sustentar a forma. Como tal, a constituição da terra para uma boa construção em taipa deve possuir uma boa distribuição granulométrica dos elementos sendo aceitável a existência de cascalho, desde que a sua medida seja entre os 20 e 25 mm e a sua percentagem deve estar compreendida até 15% a 30% (Nelson, 2006). Em baixo, na figura 2.8., observa-se um muro construído num curso de formação de construção em taipa, em Cabaços, Odemira.



Figura 2.8 - Foto do curso de construção taipa em Cabaços, Odemira (Nelson, 2006)

. Existem outros fatores importantes tais como a fraca pluviosidade, a ausência de pedra, os reduzidos custos de construção e a existência abundante de terra com características adequadas, que contribuiram para o desenvolvimento e propagação deste tipo de construção em taipa no

Alentejo e Algarve, e em particular em Alvalade (no Alentejo), desde o período islâmico. Este método consistia num sistema de cofragem através de taipais, que eram cheias com barro, cuja argamassa era depois batida e compactada com maços, ao qual se seguia um período de secagem. Por meio de blocos individuais, ou realizada diretamente na parede, como acontecia em Alvalade, os taipais eram colocados sobre fundações de pedra, para evitar a corrosão que a humidade ascensional produz neste tipo de estruturas. Cada fileira era intercalada com uma camada de pedras pequenas. Por último punham um reboco nas paredes com uma argamassa de cal e areia fina. Finalizava-se a construção do edifício com uma pintura a cal e com uma cobertura de telha vã. A construção foi o sistema construtivo que durante séculos foi utilizado na maioria das habitações (em maioria casas térreas) e outras construções em Alvalade. No seu centro histórico podemos observar algumas dezenas de casas em que o principal material utilizado na sua edificação foi a taipa. Em redor ainda existem alguns “montes” levantados com este tipo de construção onde sobressaem pesados contrafortes, como suporte aos esforços laterais motivados pelo peso dos telhados. Esta forma de construir espalhou-se também pelas ermidas e igrejas.

No século XVI a taipa era tão usada em edifícios religiosos como nas casas de habitação. A vila de Alvalade seria nessa época uma vila de taipa em todo o tipo de construções: nas casas, nos muros de adros de igrejas, nas cercas divisórias e protetoras das pequenas courelas e vinhas. Mais tarde, vemo-la também aplicada nos moinhos de vento.

Como testemunho das edificações religiosas efetuadas em Alvalade (figura 2.9), temos as construções da Ordem Militar de Santiago que foram chefiadas por D. Jorge de Lencastre. Temos assim registo das construções das ermidas: S. Pedro, S. Roque e S. Sebastião; e das igrejas: de Santa Maria (atual igreja matriz) e de Nossa Senhora do Roxo. Nestes dois últimos templos existia uma capela mor abobadada com dois tipos de construção. O corpo principal era de taipa, mas as paredes da capela mor, devido ao peso das abóbadas, era em alvenaria de pedra e cal. O Hospital da Misericórdia de Alvalade fora igualmente edificado em taipa.



Figura 2.9 – Ruínas em Alvalade de construção em taipa (Quaresma, 2011)

Naturalmente que este tipo de construção de casas exigia extração de terra e quando era feita em consideráveis porções, o poder local passou a regulamentá-la. Foi o que se passou em Colos, no qual uma deliberação de 1709 impedia a extração de terra em volta da vila, reservando um local específico para o efeito.

Para além da construção em terra existia um outro elemento que era utilizado no revestimento em habitações e outros edifícios, a cortiça. Este material, com excelentes propriedades isolantes, era abundante no Cercal. Exemplo disso é a igreja de Milfontes que em 1517, tinha a sacristia forrada de cortiça, material que também era usado na igreja do Cercal.

No sítio de Baleizão, em Santo André podemos ver a alvenaria de cortiça na empena do monte, com argamassa de terra e reboco de cal e areia. Nela, a terra, a cortiça e a cal estão associadas. Mas existem relatos da sua utilização noutras regiões como por exemplo, no convento dos Capuchos em Sintra e no convento do Cabo de São Vicente. Segundo António Quaresma (2011) a construção em terra aparece como um elemento de proteção e conservação, enquanto a cortiça foi historicamente usada no revestimento para melhorar a qualidade habitacional. A potencial qualidade de ambas as matérias-primas levou ao desenvolvimento de competências que são o fundamento do seu êxito.

2.1.1. – Tipologias da construção em taipa

A tipologia de edifícios mais adoptada no passado no Alentejo e Algarve é a de piso único. Esta constituía-se, na maioria das vezes por uma única divisão habitacional ao lado do local de recolha para o gado e celeiro como mostra a figura 2.10 e a figura 2.11 do esboço deste tipo de habitação como referido no levantamento no livro “Taipa no Alentejo” (Correia 2007).

. Há algumas habitações mais abastadas, que geralmente serviam de habitação ao proprietário da terra.



Figura 2.10 - Monte típico alentejano degradado (Correia, 2007)

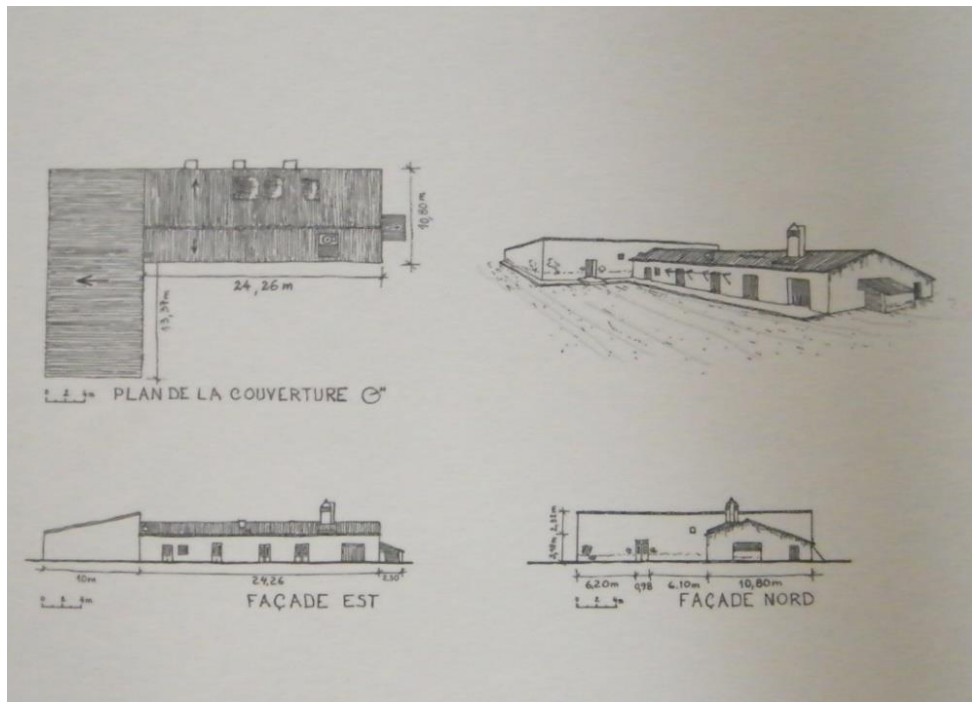


Figura 2.11 - Esboço de monte típico alentejano (Correia, 2007)

A tipologia da construção em taipa mais abundante no Alentejo era baseada na casa simples, com a divisão para habitação a servir de cozinha com chaminé e zona de dormir. A existência de outra divisão servia para albergar o forno de pão ou de armazém de produtos agrícolas como o caso da figura 2.12 que se encontra abandonado e tinha uma única água como mostra o esboço da planta na figura 2.13.



Figura 2.12 - Casa típica alentejana degradada e abandonada (Correia, 2007)

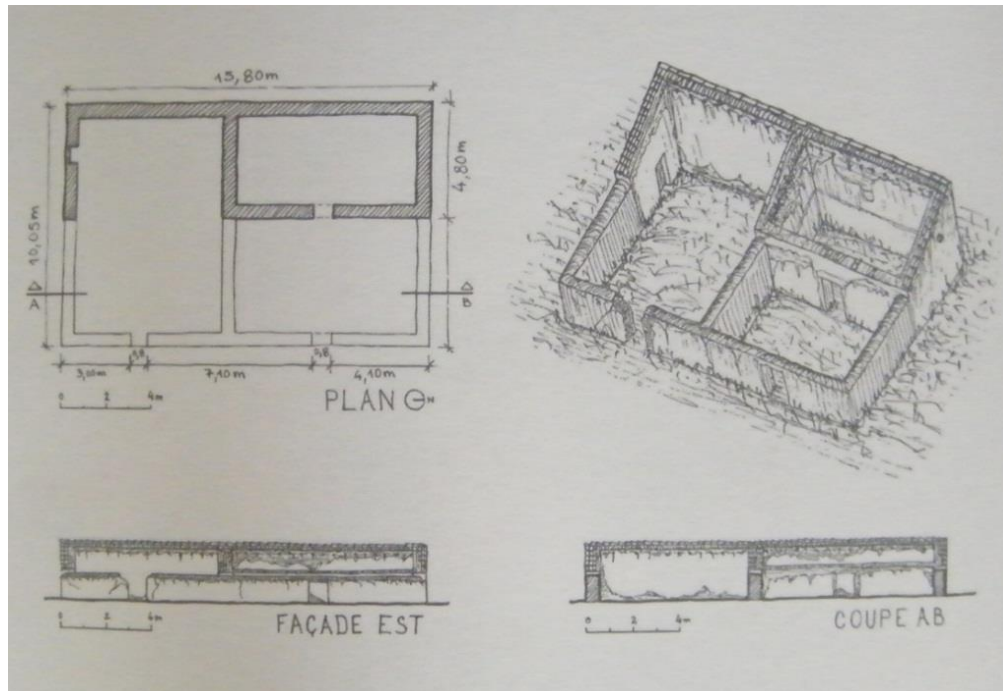


Figura 2.13 - Esboço de casa típica alentejana degradada e abandonada (Correia, 2007)

Na publicação “Taipa no Alentejo - Rammed Earth in Alentejo” (Correia, 2007), podemos visualizar uma grande variedade de construções em taipa, com diferentes utilizações, da simples habitação, até à habitação com zona para recolha do gado ou de uma Adega em Aldeias de Montoito, Monte de Castilhas que se encontra abandonado. Este tipo de construção tem paredes mais altas e espessas, reforçadas tanto por fora com contrafortes como por dentro com arco a descarregar em contrafortes interiores como podemos ver na figura 2.14 e na figura 2.15 (Correia, 2007).



Figura 2.14 - Adega alentejana degradada e abandonado (Correia, 2007)

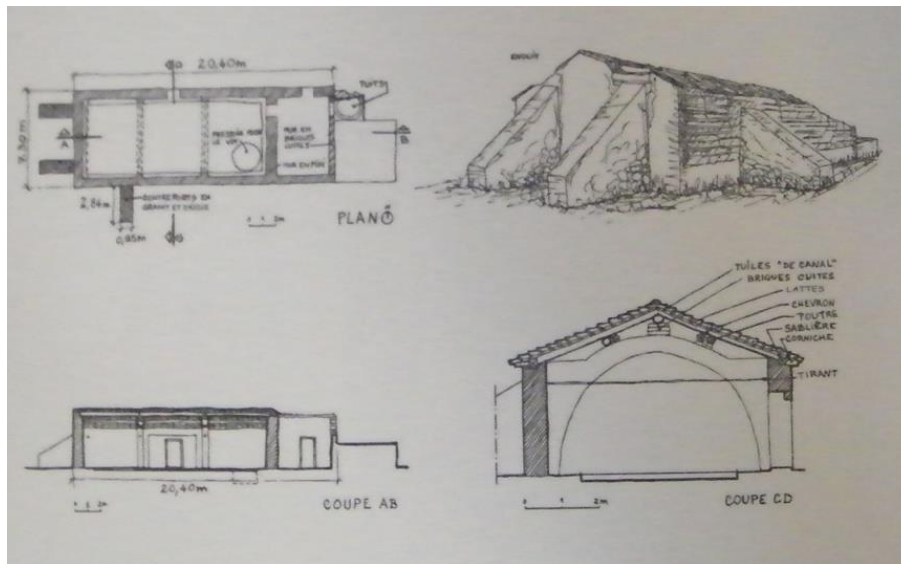


Figura 2.15 - Esboço de adega alentejana degradada e abandonada (Correia, 2007)

Presentemente na construção em taipa mantém-se um piso único mas com algumas alterações interiores e a nível estrutural visto não existir regulamentação para esta construção. As paredes são espessas com o mínimo de 60 cm e com uma estrutura de fundações, pilares e vigas de bordadura em betão armado. Nas aberturas dos vãos, estes são reforçados por vigas em betão como é visível na figura 2.16 e na figura 2.17 de construções recentes no litoral Alentejano. Já os acabamentos presentemente são mais ricos que no passado. Antigamente os telhados eram de telha vã (ripado de madeira e telha assente diretamente). Hoje em dia cumprem requisitos térmicos, tendo um forro de madeira, seguida de isolamento e uma subtelha. Por cima desta, leva telha cerâmica a imitar a antiga telha de canudo cozida em fornos de baixa temperatura, ou noutros casos os tectos são executados em blocos de terra crua seca ao ar (adobe) criando efeitos decorativos como é o caso das casas representadas na figura 2.17.



Figura 2.16 - Construção recente com vigas e pilares em betão (Schereck, 2010)



Figura 2.17 - Casa em taipa com novas técnicas (Schereck, 2010)

Lamentavelmente ainda não existe, em Portugal, regulamentação para construção em taipa, adobe ou em bloco de terra compactada (BTC). Porém, esta já existe em alguns países como é o caso da Nova Zelândia. Presentemente, já existe alguma preocupação em construir habitações de forma mais sustentável e enquadradas na paisagem da região como é o caso da casa da figura 2.18, construída no interior do Parque Natural da Costa Vicentina, perto de Almogrove. A Câmara Municipal de Odemira tem sido impulsionadora nesta área, organizando seminários, eventos e até cursos de formação de como trabalhar a taipa.



Figura 2.18- Casa em taipa com novas técnicas

Actualmente, já existem arquitetos que se preocupam com a sustentabilidade tendo alguns sido galardoados a nível internacional. Temos o caso do Arq. João Alberto Correia com o prémio “Outstanding Earthen Architecture in Europe 2011” com o seu projecto do Centro de Monitorização da ETAR de Évora (Figura 2.19). O Centro de Monitorização da ETAR de Évora

(gerida pela empresa Águas do Centro Alentejo, S.A). Este edifício foi distinguido com mais 40 edifícios representativos da arquitetura em terra na Europa. O prémio *Outstanding Earthen Architecture in Europe 2011*, foi uma distinção na categoria “Edifícios construídos depois de 1970”, por um júri internacional escolhido pelo ISCEAH do ICOMOS (AdP, 2011).



Figura 2.19- Centro de Monitorização da ETAR de Évora

Finalmente, podemos caracterizar a construção em taipa antes da década de 50/60 como uma construção simples, com vãos pequenos e baixos, paredes com pés direitos baixos e telhados normalmente de duas águas e que servia de abrigo às pessoas e aos animais. Atualmente já se existe mais ornamentação, os vãos têm medidas normais e as vigas deste deixaram de ser de madeira ou pedra e passaram a ser de betão armado. Os interiores são também mais trabalhados, chegando a ter os tectos trabalhados em adobe ou em tijolo de barro antigo. Os pilares em betão incluindo as vigas de bordadura, substituíram os enormes contrafortes. Os interiores têm mais qualidade térmica, deixando de ter telhado ventilado e passaram a ser estanques com janelas e portas também com maior qualidade térmica (Schereck, 2010).

Na atualidade, este trabalho passou a ser mecanizado como é o caso da figura 2.20 que mostra a evolução da compactação do solo através de um compactador pneumático utilizada pela empresa Betão & Taipa, nas construções novas.



Figura 2.20 - Compactador pneumático, utilizado na Adega da Herdade do Rocim - Cuba (Fotos facultadas pela empresa Betão & Taipa, Lda.)

2.1.2. – Regulamentação da construção em taipa

Todos os projetos de edificações em terra são aprovados nas Câmaras Municipais sem qualquer reparo ou correção por parte dos técnicos municipais, uma vez que estes não têm qualquer regulamento/norma nacional em que se possam basear para fazer a análise ao projeto (Parreira, 2007).

Em Portugal, a única regulamentação para a construção que existe é o Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA, 2005). A elaboração destes edifícios de terra é feita na base da experiência adquirida ou transmitida por pessoas mais idosas ao longo dos anos que ganharam experiência neste tipo de construções. A segurança estrutural dos edifícios construídos em terra é incerta no tocante à sua vulnerabilidade a movimentos sísmicos. Estas incertezas levam a que se construa pouco neste tipo de material visto os materiais mais modernos se adaptarem melhor ao regulamento existente (RSA, 2005). Há porem, quem dimensione os seus edifícios com elementos estruturais em betão armado e apenas utilize taipa como alvenaria das paredes. Outros há, que defendem que as paredes de taipa são autoportantes, com uma boa resistência à compressão e por isso não necessitam de ser reforçadas com outros materiais. Mas o que se vê nas construções antigas é o reforço com contrafortes conforme figura 2.21 aos cantos e em locais sujeitos a esforços transversos nessas paredes.



Figura 2.21 - Presença de contrafortes na construção em taipa



Figura 2.22 - Montes típicos Alentejanos ao abandono

A conjuntura sociocultural das sociedades modernas tem vindo a apelar a uma construção mais sustentável sendo por isso importante a sua regulamentação para que não surjam dúvidas em relação aos problemas ao nível estrutural e que, geralmente, geram desconfiança sobre este tipo de construção.

Como se abordou, a nível nacional não existe qualquer tipo de regulamentação para este tipo de construção, mas a nível internacional existem países com regulamentos sobre este tipo de construção. Países como, o Peru, Estados Unidos da América (no estado Novo México) e a Nova Zelândia.

Tal como Portugal, Espanha não dispõe de um regulamento específico para a construção em terra. No trabalho “Earth Building in Spain” (Delgado e Guerrero, 2006), é apresentada uma compilação da regulamentação geral espanhola, onde se encontram algumas normas com indicações e valores de referência para a arquitetura em taipa e de adobe.

Em Espanha, para os casos mais simples e comuns para este tipo de construção em terra que em geral se aplica a pequenos edifícios, é proposto um método simplificado. Obrigando apenas a garantir seis condições: contraventamentos laterais às paredes; a existência de uma viga de bordadura em todas as paredes; distribuição uniforme de carregamentos; cobertura rígida para evitar a transmissão de forças laterais para as paredes (laje armada); as fundações das paredes devem ser de um material resistente à humidade ascensional. A aplicação deste método obriga a determinar todas as características mecânicas do material a utilizar. Neste método, são apresentadas resistências para três variáveis (compressão, tração e corte). Nos projetos de grande importância é obrigatório realizar ensaios laboratoriais. Em projetos de menor importância e risco podem-se aplicar valores de referência diretamente conforme o quadro 2.2, deixando assim de ser obrigatório realizar ensaios mecânicos dos materiais a usar.

Quadro 2.2 - Valores de referência das tensões resistentes mínima de paredes em terra(Delgado e Guerrero, 2006)

	Compressão (MPa)	Tração (MPa)	Corte (MPa)
Paredes interiores sem contacto com ambiente húmido	0,20	0,02	0,03
Paredes exteriores ou paredes em contacto com ambiente húmido	0,10	0,01	0,01

Nos projetos mais comuns, onde o risco é intermédio, os valores a ter em conta para resistência à compressão são os apresentados no quadro 2.3. Estes carecem posteriormente de validação por ensaios realizados em obra. Para este caso a resistência à tração por flexão só deve ser validada se for maior 1/10 da resistência à compressão.

Quadro 2.3 - Resistência à compressão para o adobe e taipa em função do tipo de estabilização (Delgado e Guerrero, 2006)

Tipo de Estabilização		Taipa (MPa)	Adobe (MPa)
Sem estabilização	Baixa resistência	0,60	0,75
	Média resistência	1,20	1,50
	Alta resistência	1,80	2,25
Estabilização com cimento portland	Dosagem baixa	3,00	3,75
	Dosagem média	4,80	6,00
	Dosagem alta	6,60	8,25
Estabilização com cal e cimento	Dosagem baixa	2,40	3,00
	Dosagem média	3,50	4,40
	Dosagem alta	4,80	6,00
Estabilização com cal	Dosagem baixa	1,80	2,25
	Dosagem média	2,40	3,00
	Dosagem alta	3,60	4,50

Segundo Delgado e Guerrero (2006), as paredes com um elevado comprimento livre devem ser, sempre, lateralmente reforçadas através de outras paredes, contrafortes ou por outro método. É apresentado também por estes autores um quadro para as distâncias entre contraventamentos, dependendo do método de construção. Outros fatores que influenciam os contraventamentos são a esbelteza da parede e as áreas de aberturas nas paredes. No entanto, essas distâncias também podem ser alteradas, consoante a localização dos edifícios, porque pode variar o grau sísmico considerado para esse local. Quanto à espessura da parede também são dados valores de referência.

No Peru foi criada e adotada a Norma Técnica de Edificación E.080 Adobe (Balasco e Travezano, 1999) que como o nome indica, só aborda a técnica de construção em terra com adobe. Nesta norma são referidas indicações relativamente às características mecânicas que os adobes devem ter, assim como o comportamento e dimensão da alvenaria em adobe.

O método é simples, aplica-se só a pequenos edifícios de baixo custo (e com o máximo de dois pisos) e visa a resistência às ações sísmicas, de modo a evitar o colapso destes edifícios. Também é apresentada uma solução com elementos estruturais verticais, em betão (pilares), ou em pilares construídos em adobe. Já os elementos estruturais horizontais (pórticos, vigas e lintéis) podem ser em madeira ou betão. As paredes de alvenaria entre estes elementos são de fiadas de adobe reforçadas na direção horizontal e vertical com canas ou outro material

semelhante. Esta preocupação da ligação entre a alvenaria e os elementos estruturais, deverá garantir uma boa transmissão de esforços a estes elementos.

Neste regulamento constam as dimensões para a espessura das paredes, assim como a localização das aberturas e as dimensões das fundações. O regulamento indica ainda a forma de construir em terra, ou seja, a técnica de construção em terra com blocos de adobe, onde também constam indicações importantes sobre a sua resistência sísmica.

Quanto ao regulamento Americano designado de “*New Mexico Earthen Building Materials Code*” (New México, 2003), aborda três técnicas distintas de construção em terra. Aborda as técnicas de construção em taipa, da construção em adobe e construção em BTC.

Este código só é aplicado a edifícios no máximo de dois pisos, estabelecendo objetivos e requisitos mínimos para a construção em terra. Nele são abordados temas como a análise sísmica de uma construção em taipa importante neste tipo de construção, assim como as dimensões das paredes, as características mecânicas dos materiais a utilizar bem como a realização dos testes para obter as resistências dos materiais usados na construção. Aborda também a utilização de vigas de bordadura e vigas de fundação, como as ligações entre os vários elementos estruturais.

No que diz respeito à construção em taipa, neste código são definidas para a construção em taipa as diferentes espessuras para as paredes exteriores assim como das paredes interiores, definindo para as paredes exteriores a espessura mínima de 0,45 m e para as interiores um mínimo de 0,30 m.

No que diz respeito à resistência à compressão do material, este regulamento apresenta valores elevados como mínimos de resistência à compressão de 2MPa, quer seja solo estabilizado ou não.

Também são estabelecidas regras para o contraventamento lateral das paredes, este através de vigas de bordadura, os espaçamentos máximos entre elementos de contraventamento e também da utilização de contrafortes, fornecendo valores para as suas dimensões.

No que diz respeito às aberturas verifica-se que há uma preocupação com o seu posicionamento e é fornecido um quadro com as possíveis dimensões dos lintéis (que podem ser madeira ou betão) em função da espessura da parede e do vão.

O país em que o regulamento é mais completo para construção em terra é a Nova Zelândia, a nível mundial.. Este regulamento está estruturado em três partes. A cada uma das partes corresponde uma norma. As normas são a NZS 4297: Engineering Design of Earth Buildings (NZ4297, 1998); NZS 4298: Materials and Workmanship for Earth Buildings (NZ4298, 1998) e NZS 4299: Earth Buildings Not Requiring Specific Design (NZ4299, 1998). Todas as técnicas construtivas em terra são abordadas por este regulamento (taipa, adobe e BTC).

A norma NZS 4299 regula as construções em terra que não necessitam de projeto de dimensionamento específico. Assim, desde que sejam cumpridas as regras e não se excedam as limitações enunciadas é possível construir um edifício dispensando um dimensionamento mais complexo. No final desta norma, é apresentado um modelo de cálculo simples onde se verifica a segurança do edifício (NZ4298, 1998).

Caso se pretenda construir um edifício que ultrapassasse os pressupostos da norma NZS 4299, passa ser necessário aplicar o disposto na norma NZS 4297, uma vez que este possui informações para o dimensionamento mais específico do edifício. Esta norma, a NZS 4299, possui um conjunto de regulamentações fáceis de interpretar e podem ser utilizadas por qualquer

pessoa. Já a norma NZS 4297 exige alguns conhecimentos em engenharia. As construções em terra têm limites e regras impostas, relacionadas com a área por piso, a limitação ao número de pisos, altura máxima das paredes, o peso da cobertura do edifício, a largura e dimensão dos vãos bem como espaçamento entre as aberturas, assim como os lintéis sobre estes e a disposição em planta das paredes. É também preconizada a utilização de vigas de bordadura e de fundação em todas as paredes.

A NZS 4298 aborda os aspectos relacionados com material a utilizar na construção, de modo a garantir que esta tenha uma boa qualidade. Nesta norma são abordados temas como se deve constituir em terra, a resistência mecânica desta construção, as características de comportamento e diferentes testes e ensaios experimentais que se devem efetuar antes do início da construção do edifício. Aborda também como devem ser efetuadas as juntas e materiais a utilizar nas mesmas, assim como o revestimento das paredes exteriores. Nesta norma são ainda abordados temas relacionados com a durabilidade dos materiais e da construção, o comportamento térmico, a resistência do edifício ao fogo, as ligações entre os vários elementos bem como vários pormenores construtivos para cada uma das técnicas de construção em terra.

São também apresentados valores, para os projetos mais comuns, os valores de resistência da quadro 2.4, que são inferiores aos obtidos em testes efetuados em laboratório para aferir sobre as características mecânicas deste material. Ainda segundo o mesmo regulamento estes valores podem ser utilizados no dimensionamento de construções correntes quando não se realizam ensaios experimentais.

Quadro 2.4 - Valor da resistência para a taipa (NZ4297, 1998)

Parâmetro de resistência	Valor (MPa)
Resistência à compressão (por flexão ou compressão simples)	0,50
Resistência ao corte da terra	0,08
Resistência à tração por flexão	0,10

Como já foi referido, os valores de resistência fornecidos no quadro 2.4 são muito conservadores, razão pela qual as normas fornecem também outro método para a determinação das características mecânicas e de comportamento da terra. Assim, são fornecidas várias expressões que, em função da resistência à compressão da terra (obtida através de ensaios experimentais), possibilitam obter as características mecânicas e ainda o módulo de elasticidade dos materiais a utilizar.

2.2. – Sísmica

A construção tradicional de terra é, em geral, muito deficiente às ações horizontais provocadas pelos sismos. Este comportamento deve-se principalmente, à sua fraca resistência à tração, que por sua vez provoca um comportamento frágil (Brito & Gomes, 2005). Independentemente da composição da terra utilizada, a qualidade da construção também influencia o comportamento do edifício relativamente aos sismos. A elevada fragilidade deste tipo de construção deve-se à ausência de ligações rígidas entre as várias partes da estrutura.

Como podemos ver na figura 2.22 as ligações existentes são a nível superior, nas vigas de bordadura que suportam as forças descarregadas pela cobertura sobre estas. Por sua vez como não existem pilares no cantos das paredes, obriga a que existam os contrafortes para substituir os elementos rígidos como vigas e pilares em betão armado.

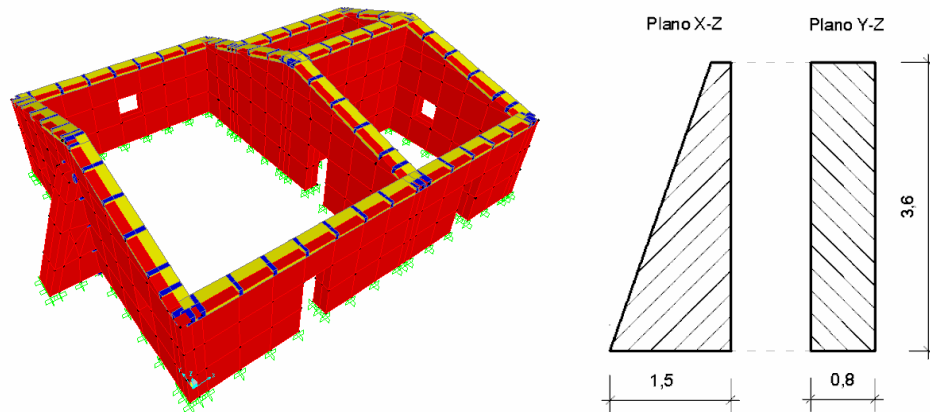


Figura 2.23 - Modelação de uma construção em taipa com contraforte e vigas de bordadura (Parreira, 2007)

Presentemente, o reaparecimento da construção em terra no nosso país, essencialmente em taipa, leva-nos a considerar que deveria existir legislação e normas para a construção em terra. Presentemente aprova-se e constrói-se sem qualquer norma, A adoção de normas que sirvam de apoio aos projetistas e construtores devem esta estar de acordo com a realidade nacional, sobretudo no que diz respeito à parte sísmica.

A modelação de um edifício em taipa através do programa de modulação e cálculo SAP2000, revelou-se essencial para o estudo apresentado na “Análise Sísmica de uma Construção em Taipa” (Parreira, 2007). A qualidade da modelação foi fundamental para garantir que o edifício modelado apresente um comportamento próximo da realidade.

No caso apresentado na figura 2.23, o modelo foi definido com características semelhantes à da taipa, ficando este com algumas limitações conforme menciona o autor (Parreira, 2007).

Cada construção é um caso diferente, sendo importante as características do solo utilizado, variando muito a sua constituição bem como a qualidade da construção, deixando assim muitas dúvidas sobre valores de referência nacionais a adoptar.

A análise dinâmica tridimensional efectuada no edifício, pelo programa de cálculo, SAP2000 revelou-se fundamental para o autor, simulando a ação de um sismo, com as duas ações sísmicas preconizadas no Regulamento de Segurança e Ações de Edifícios e Pontes (RSA) (RSA, 2005). A única ação a considerar por este foi uma ação sísmica tipo 1. Sendo esta, a ação que pode afectar a estrutura devido à sua frequência elevada de 7,59Hz. Esta é a ação mais condicionante para construções em terra sem estrutura autoportante (pilares, vias lintéis e pórticos). Sem estes elementos, torna-se necessário o aumento da espessura das paredes de forma a aumentar a sua resistência.

O autor deste trabalho (Parreira, 2007), efectuou uma análise linear, criando modelos de tensões para análise dos esforços que atuam em cada parede autoportante de taipa. Os esforços contemplados foram: a flexão vertical, a flexão horizontal e os esforços de corte longitudinal e transversal, sendo este o esforço que condiciona a resistência da taipa, fazendo diminuir a

segurança do edifício. A flexão horizontal, a flexão vertical assim como o esforço transversal na direção longitudinal das paredes condicionam este tipo de construção.

Deste estudo podemos concluir que é possível construir edifícios em taipa de um único piso respeitando a segurança à ação dos sismos definida no RSA (RSA, 2005).

A taipa é um material com fraca resistência mecânica ao corte, o que coloca limitações ao nível da dimensão das paredes (tanto espessura como comprimento) e ao nível de divisórias (paredes interiores); razão pela qual, no passado, este tipo de construção era de pequenas dimensões, com apenas uma a duas divisões interiores, assim como de pequenos vãos, aumentando assim a capacidade resistente ao corte das paredes.

Outra limitação é a altura das paredes devido aos esforços de flexão a que, posteriormente, a parede fica sujeita. Mais uma vez nas edificações referidas na publicação “Taipa no Alentejo” (Correia, 2007) estas são de um único piso e de pequena altura. Quanto aos esforços longitudinais, estes dependem essencialmente do número de paredes contraventadas, minimizando assim o esforço transversal.

Este estudo contempla que é essencial a utilização de vigas de bordadura em todas as paredes com função estrutural. Estas vigas para além de aumentarem a rigidez do edifício à flexão vertical das paredes, garantem o funcionamento em conjunto de todas as paredes. Para evitar a fendilhação das paredes nos cantos, além dos contrafortes e deslizamento das vigas de bordadura recomenda-se a utilização de pernes metálicos para interligação das vigas de bordadura às paredes estruturais.

A existência de uma estrutura em betão armado na construção em taipa é de extrema importância, fazendo com que esta passe a ter um bom desempenho sob ações sísmicas da construção. A ligação entre a taipa e o betão é muito fraca, logo deve haver especial atenção entre estes dois elementos para que exista uma boa ligação.

Os contrafortes podem ser uma medida positiva para o aumento da resistência da estrutura aos sismos, como também permitem diminuir o comprimento livre das paredes. Neste caso é necessário garantir que a resistência do próprio contraforte seja elevada.

Neste estudo (Parreira, 2007), recomenda-se a realização de ensaios em provetes de taipa com composições diferentes (neste caso com e sem estabilização do solo), tendo como objetivo determinar valores da resistência mecânica da taipa. Estes valores são importantes para determinar a resistência à compressão, a resistência à tração por flexão, a resistência ao corte e ainda o módulo de elasticidade.

No estudo realizado em “Análise Sísmica de uma Construção em Taipa” (Parreira, 2007) o autor julga ser importante a realização de ensaios em modelos de dimensões reduzidas, ou seja, em edifícios de pequena dimensão construídos em terra numa mesa sísmica, verificando assim o real comportamento e resistência à ação de um sismo como se efetua para edifícios em alvenaria corrente.

2.3. – Sustentabilidade

No que concerne à construção em terra, podemos afirmar, comparativamente aos outros produtos utilizados em geral na construção, que é sustentável sob dois pontos de vista. No que diz respeito ao transporte do solo para a construção em terra. A utilização do solo próximo da construção a efetuar, quer seja estabilizado ou não, traduz-se num menor gasto energético em comparação com os tijolos cerâmicos, cujo local de fabrico é distante e por tal implica gastos energéticos com o transporte.

O outro ponto de vista é a reutilização quando demolido o edifício. Os materiais podem ser reutilizados na nova construção, quer haja ou não estabilização do solo com cal ou cimento, levando a um menor consumo energético comparativamente a materiais novos. Até à presente data os resíduos da construção e demolição (RCD), oriundos das construções já preocupam, pois a sua taxa de reutilização na Europa é baixa, atingindo em média uma taxa de 50% segundo (Torgal & Jalali, 2010).

Quanto à poupança energética comparativa de blocos de terra para uma habitação com três quartos e cerca 92 m², que em relação a blocos de betão autoclavado chega a 24 MWh, o equivalente a 9 toneladas de CO₂ emitidos para atmosfera (Torgal e Jalali, 2010).

Neste caso, como a questão energética é um assunto atual leva-nos a encaminhar para construções mais sustentáveis quer energeticamente quer em reutilização dos materiais, pois nos próximos 40 anos prevê-se uma tendência para o crescimento do consumo de cimento Portland de 3.000 milhões de toneladas/ano para o dobro. Daí que a projeção ou construção de novos edifícios deve ter preocupações com o impacto de consumo de cimento (calcinação de calcários em fornos a 1450 °C). Estima-se que a emissão do processo da produção industrial do cimento ronde 0,85 toneladas de CO₂ por tonelada (Torgal, 2011). O impacto ambiental criado por esta indústria deve ser factor para procurar inverter a tendência e construir o mais sustentável possível, em termos de consumo energético para construir os edifícios, para os conservar, para os manter e climatizar.

Daí que seja fulcral legislar tanto na parte de código e normas de construção em terra como melhorar em termos de eficiência energética do edifício de forma a serem cada vez mais auto suficiente ambientalmente.

Capítulo 3

Caraterização geotécnica do solo

O local de amostragem do solo em estudo situa-se no concelho de Serpa e está assinalado no mapa retirado do *Google Earth* (figura 3.1). Este local foi indicado pelo Sr. Francisco Seixas, como sendo o local ideal para recolha de solo para este tipo de construção, em taipa. A empresa Betão & Taipa, Lda. já tinha colhido solo neste local para construção de um edifício, quando a Câmara Municipal de Serpa andou a fazer aterros e escavações para reabilitar a estrada que liga o concelho de Serpa a uma povoação espanhola.

Esta pequena área, entre Vale de Mortos e o Rio Chança, é rica em solo argiloso, possuindo boas caraterísticas para a construção em terra. Decidimos proceder à colheita de solo com caraterísticas conhecidas e já pré-definidas por profissionais da arte de construção em taipa. Em particular da empresa Betão & Taipa, Lda., de Serpa, que já tem longo historial neste tipo de construção, tendo mesmo executado grandes obras de referência com prémios obtidos, de que é exemplo o Centro de Monitorização da ETAR de Évora, que já referido no capítulo 2, item 2.1.1. deste trabalho.

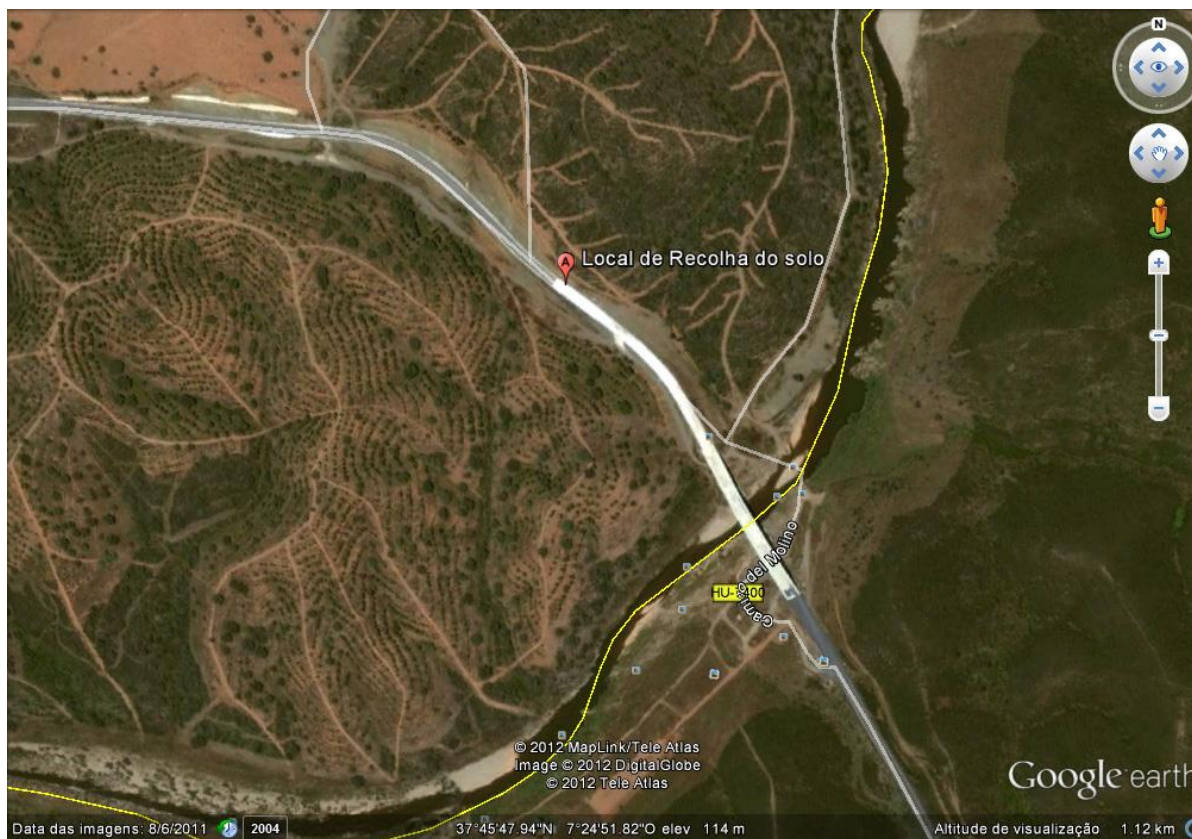


Figura 3.1 – Local de recolha do solo (Google_earth, 2006)

3.1. – Enquadramento geológico do local da colheita do solo

Com base na Carta Geológica de Portugal, folha 8, à escala de 1/200.000 e na respetiva notícia explicativa (Oliveira, 1992), a zona de colheita do solo fica enquadrada na Formação de Pulo do Lobo - Dp1.

Esta Formação Geológica, de idade Paleozóica, mais precisamente do Devónico inferior, pertence à Zona Sul de Portuguesa, Sector Norte da Antiforma do Pulo do Lobo. Esta formação apresenta filitos com intercalações de bancadas de quartzitos com quartzo de exsudação.

O efeito de meteorização dá uma cor acastanhada aos filitos, mas quando estão no seu estado inalterado, pode ser acinzentados ou de cor escura. Geralmente, as bancadas de quartzitos são mais espessas formando zonas sedimentares de espessura decadémica (como é o caso das quedas de água do Pulo do Lobo). Uma característica particular desta formação é a presença de abundantes filonetes de quartzo de exsudação, geralmente esbranquiçados, mas também com tonalidades escuras (Oliveira, 1992).

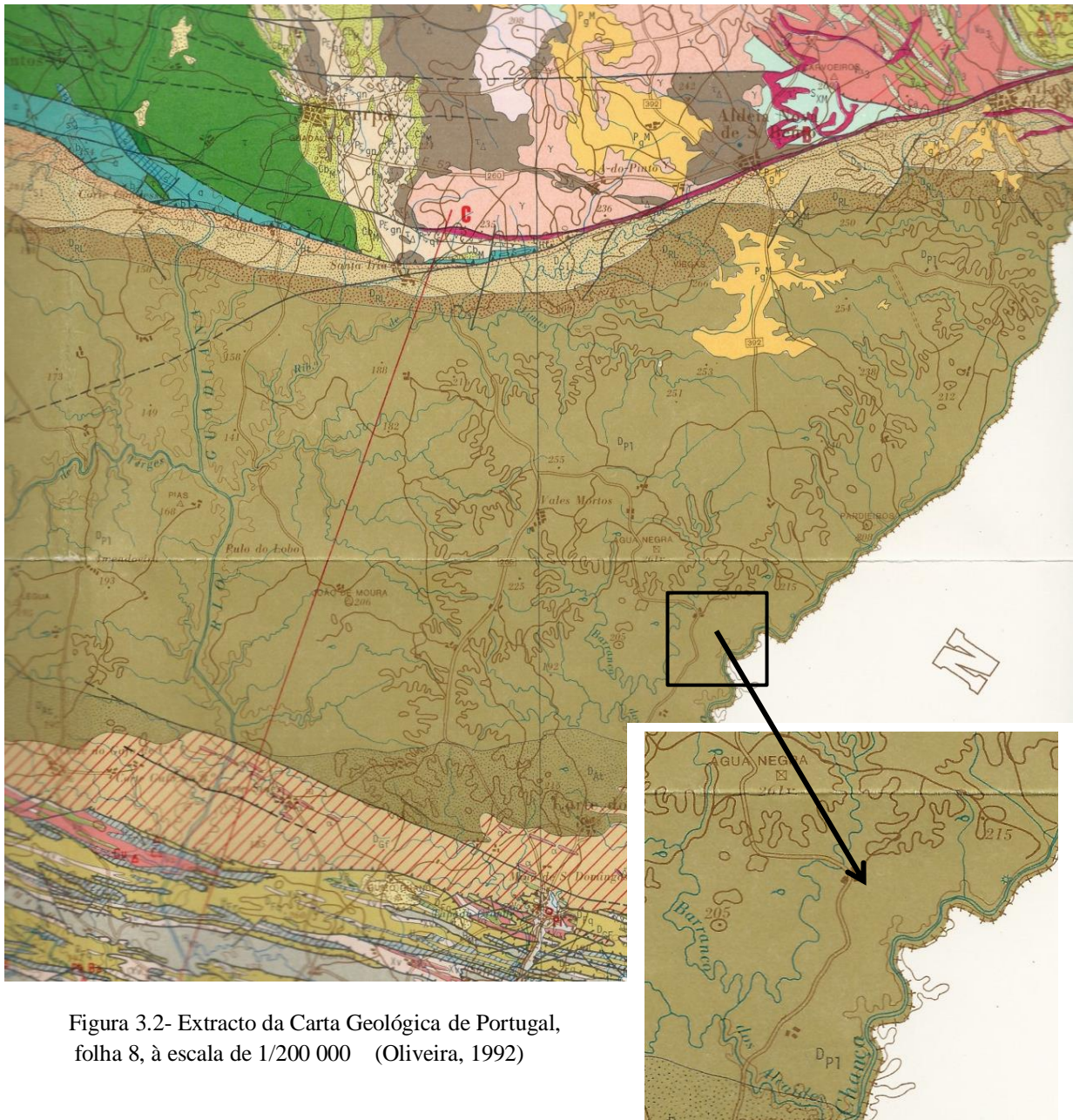


Figura 3.2- Extracto da Carta Geológica de Portugal, folha 8, à escala de 1/200 000 (Oliveira, 1992)

3.2. – Ensaios para caracterização física e geotécnica do solo

Estes ensaios foram efetuados nos laboratórios de Geociências da Universidade de Évora com a participação da Professora Doutora Isabel Duarte e da assistente laboratório, Sandra Velez. Nos ensaios foram seguidas as normas portuguesas (NP) e as Especificações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (E LNEC), as quais referem os procedimentos a realizar neste tipo de análises e especificações das características do solo.

Além das especificações LNEC sobre solos, seguiu-se como referência o capítulo III “Caraterização dos Solos” da obra “A Construção em Terra” (Torgal, *et al.*, 2009) bem como “Construção em Terra: Algumas Considerações sobre a Seleção de Solos” (Torgal, *et al.*, 2009).

3.2.1. - Teor em água do solo no estado natural

O teor em água do solo que se pretende obter com este ensaio é o teor em água na altura da recolha do solo, *in situ*. Para este ensaio seguiu-se a NP 84 – 1965 (NP, 1965) e a especificação E 16 - 1953 LNEC – Solos (E16, 1953). Segundo o protocolo, retiraram-se três amostras do solo recolhido para estudo, como mostra o quadro 3.1, determina-se a sua massa (do solo húmido) sendo de seguida colocado na estufa durante um período de pelo menos 48 horas, a 105°C mais ou menos 3°C, tempo considerado suficiente para evaporar toda a água existente no solo, ficando assim o solo seco. A diferença da massa entre o solo húmido e o solo seco corresponde à massa da água existente na amostra de solo. O teor em água calcula-se aplicando a equação 3.1. Posteriormente, calcula-se o teor em água médio do solo no estado natural.

$$T_{\text{água}} = \frac{(M_{\text{CSH}} - M_{\text{C}}) - (M_{\text{CSS}} - M_{\text{C}})}{(M_{\text{CSS}} - M_{\text{C}})} \times 100 \quad (3.1)$$

$T_{\text{água}}$ – Teor em água

M_{CSH} – Massa do copo + solo húmido

M_{CSS} – Massa do copo + solo seco

M_{C} – Massa do copo

Quadro 3.1 - Teor de água no solo

Teor de água no solo				
	Un	Copo 1	Copo 2	Copo 3
Massa do copo	g	199,11	193,56	198,41
Massa do copo + solo húmido	g	786,21	774,44	786,04
Massa do copo + solo seco	g	746,22	732,86	742,37
Massa da água	g	39,99	41,58	43,67
Teor em água		5,36	5,67	5,88
Teor em água médio		5,64%		

3.2.2. – Teor em matéria orgânica no solo

A quantidade de matéria orgânica existente no solo foi determinada no laboratório de fitotecnia da Universidade de Évora. A determinação do teor em matéria orgânica foi efetuado pelo método da análise de Carbono/Enxofre, com o equipamento ilustrado na figura 3.3. Este método consiste em analisar começando com uma amostra de 350mg nominais, que é pesada num barco de combustão. A amostra colocada dentro do barco de combustão conforme mostra figura 3.5, é colocada com oxigénio puro no ambiente com temperatura regulada a 1350°C, dá-se então a combustão completa, liberando assim o carbono da amostra como o dióxido de carbono (CO₂) e o dióxido de enxofre (SO₂). A combustão da amostra provoca os primeiros gases, que fazem o varrimento destes para o fundo do tubo de combustão interna (figura 3.6), em seguida, encaminha-se entre o interior e o exterior tubo de combustão, permitindo assim que os gases de combustão permaneçam em alta temperatura num período mais longo para que na zona se permita uma oxidação eficiente. No sistema de combustão, o fluxo de gases através de dois tubos “anhydron”, a remoção da humidade faz-se através de um controlador de fluxo que controla o fluxo da combustão de gases através da célula de detecção de infravermelhos. O carbono na célula de infravermelhos, designado de célula IR (figura 3.4), mede a concentração de dióxido de carbono, como também mede o enxofre e a concentração de dióxido de enxofre.

Outros métodos para determinação da quantidade de matéria orgânica (M.O.) existente no solo, seria por titulação, utilizando a especificação E 201 – 1967 LNEC (E201, 1979) ou, utilizando uma estufa a 400 °C, queimando a matéria orgânica e, determinando depois a diferença de massas, obtendo-se assim a percentagem de M.O. existente no solo.

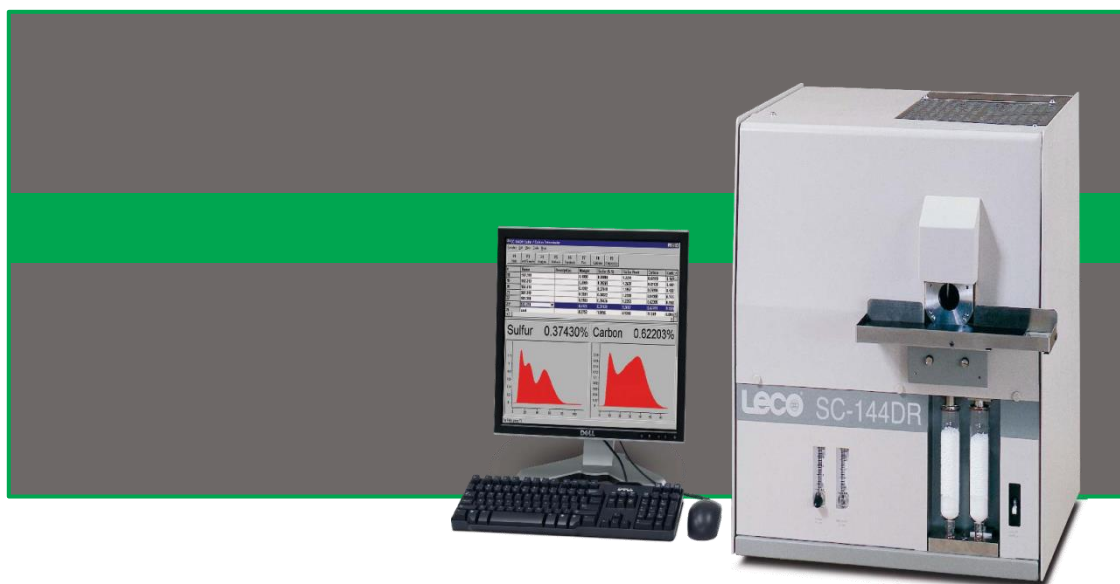


Figura 3.3 - Equipamento LECO SC-144DR



Figura 3.4 - Célula IR do sistema de detecção de carbono e enxofre



Figura 3.5 – Barcos para colocar as amostras 350 mg de solo



Figura 3.6 – Tubo de Combustão de amostra em ambiente oxigenado a 1350 °C

No final da análise determinou-se a quantidade de matéria orgânica contida na amostra de solo. Neste caso, a percentagem média é de 0,96% de matéria orgânica nas amostras de solo analisadas.

3.2.3. – Análise granulométrica das partículas do solo

A análise granulométrica do solo é fundamental para a elaboração deste trabalho para se poder classificar o solo quanto à distribuição da dimensão das partículas do solo, sendo uma característica determinante na qualidade deste tipo de construção (taipa).

Para a realização do ensaio, a amostra de solo seguiu os procedimentos da especificação E 195 – 1966 LNEC (E195, 1966) – Preparação de solos por via seca para ensaios de identificação. Primeiro o solo foi destorroado e repartido para ficar homogéneo. Seguidamente foi pesado após secagem durante 24 horas na estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, de forma a garantir que toda a água livre se evaporou.

Quanto ao ensaio de análise granulométrica por via húmida, foi seguida a especificação E 239-1970 LNEC (E239, 1970). A amostra total de solo seco submetido ao ensaio foi de aproximadamente 12000g. A quantidade de solo a analisar é tanto maior quanto maior for a componente grosseira existente na amostra de solo.

Montou-se a bateria de peneiros ASTM de 75 mm até 2 mm de abertura de malha conforme mostra a figura 3.7. Procedendo à separação da fração grossa da fina através de cada peneiro, determinou-se a massa retida nos diversos peneiros. Quanto ao material retido em cada peneiro foi colocado em copos para voltar à estufa a 105 °C para secagem e, posterior determinação da massa realmente retida em cada peneiro, após pesagem do material seco. A parte dos finos perdidos na lavagem é somada posteriormente à massa que passa no peneiro de 2 mm, conforme consta no quadro 3.2 (peneiro nº 10 ASTM). Tomou-se depois uma parte do solo com que se chegou ao fim da primeira peneiração (fração grossa), de dimensão inferior a 2 mm), com cerca de 300 g de solo. Realizou-se novamente a peneiração numa bateria de peneiros de malha mais fina, de 0,875 mm (peneiro nº20 ASTM) até 0,1 mm (peneiro 200 ASTM), de abertura de malha, conforme ilustra a figura 3.8. Os procedimentos foram idênticos aos efetuados na fração grossa. Foi separada pelos diversos peneiros e posteriormente lavada e colocada nos respetivos copos para ir à estufa a 105°C, até se obter uma massa constante correspondente a cada peneiro.



Figura 3.7 - Agitador com bateria de peneiros utilizados de malha grossa



Figura 3.8- Agitador com bateria de peneiros utilizados de malha fina

Quanto à parte do solo inferior a 0,1 mm, a análise granulométrica foi realizada pelo sedimentómetro de raios X (figura 3.13). Através deste método de análise obtêm-se as percentagens de argilas, siltes e areias, e com estas podemos caracterizar o solo quanto à quantidade de argila existente, o que para o tipo de utilização é importante, pois serão os minerais argilosos que irão ligar os restantes agregados mais grossos, durante a compactação, contribuindo assim para a consolidação e estabilização do solo. Este ensaio foi realizado pelo equipamento Sedigraph (figura 3.12) dos Laboratórios de Física de Solos do Departamento de Fitotecnia.

O funcionamento do Sedigraph utiliza um feixe estreito de raios-X para medir a concentração de partículas em meio líquido. Assim é feita a primeira medição da intensidade de uma linha base do feixe de raios X projetado através do meio líquido. Este processo é efetuado antes da colocação da amostra de solo. Após a homogeneização da mistura de sólido e líquido, esta é bombeada através de uma célula que atenua o feixe dos raios X. Esta atenuação dos raios X serve para determinar os valores da dimensão das partículas através de uma escala. Após esta agitação da mistura homogénea de partículas sólidas e líquido. Deixa-se repousar a amostra do solo enquanto os raios X determina através do processo de sedimentação as várias dimensões das partículas e as percentagens correspondentes de cada dimensão das partículas. Primeiramente, as partículas mais pesadas e maiores vão-se colocando no fundo, assim sucessivamente até à sedimentação das partículas mais finas e leves.



Figura 3.9 – Granulometria dos peneiros 37,5mm, 25mm e 19mm (Grossos)



Figura 3.10 - Granulometria dos peneiros 9,5mm, 4,75mm e 2mm (grossos)

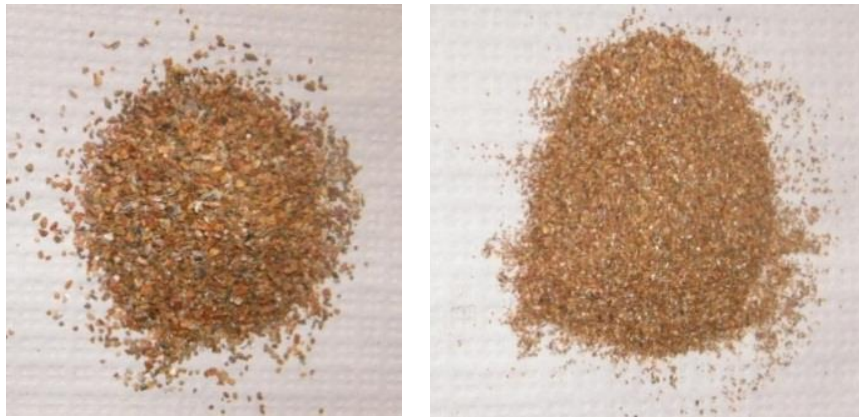


Figura 3.11 - Granulometria dos peneiros 0,850mm e 0,425mm (Finos)

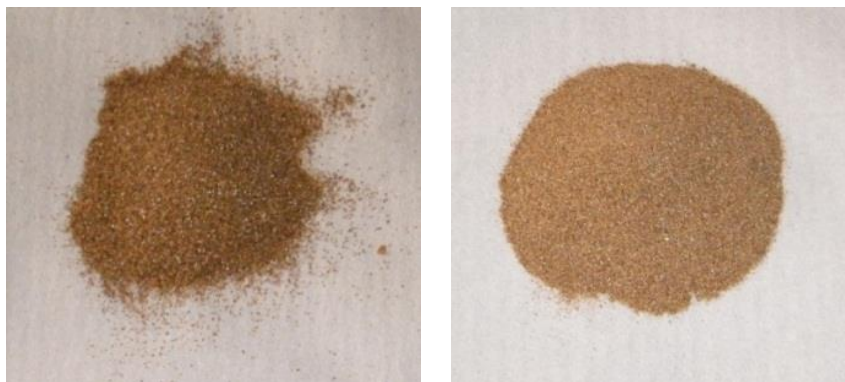


Figura 3.12 - Granulometria dos peneiros 0,250mm e 0,100mm (Finos)



Figura 3.13- Equipamento Sedigraph

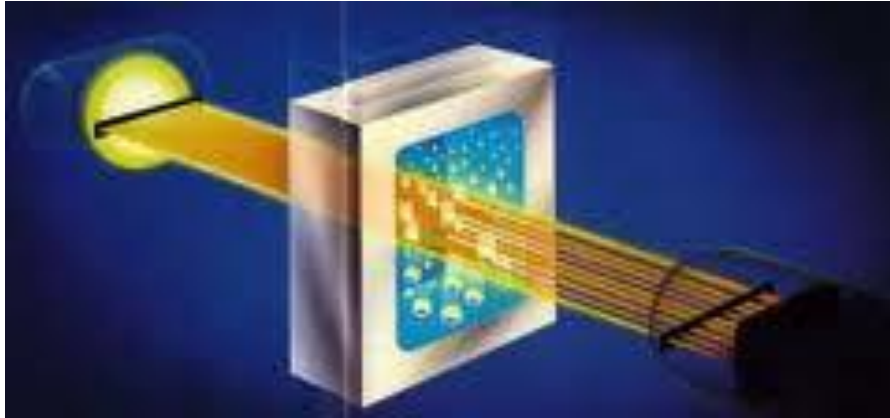


Figura 3.14 - Sistema de raios X do Sedigraph

Com base na massa que passa e na massa retida em cada peneiro, elaborou-se o quadro 3.2 que irá servir para efetuar o gráfico granulométrico na figura 3.15. Com base neste gráfico obtêm-se o D_{60} , D_{30} e o D_{10} , através dos quais se obtêm C_u (coeficiente de uniformidade) e o C_c (coeficiente de curvatura), aplicando as seguintes expressões:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{6,006}{0,001786} = 3362,82 \quad (3.2)$$

e

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{10} \times D_{60})} = \frac{0,2677^2}{(0,001786 \times 6,006)} = 6,68 \quad (3.3)$$

D_{60} – Diâmetro equivalente que corresponde a 60% na granulometria

D_{30} – Diâmetro equivalente que corresponde a 30% na granulometria

D_{10} – Diâmetro equivalente que corresponde a 10% na granulometria

Com os valores dos parâmetros granulométricos (C_u e C_c), o limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP), índice de plasticidade (IP), mais um conjunto de valores determinados neste capítulo, é possível classificar e caracterizar o solo em estudo no presente no trabalho, do ponto de vista geotécnico.

Quadro 3.2 - Massa retida e passada nos peneiros utilizados na análise granulométrica

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA

MASSA TOTAL DA AMOSTRA	$m_t =$	12.039,05 g
MASSA RETIDA NO PENEIRO DE 2,00 (n°10)	$m_{10} =$	1.689,72 g
MASSA PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 (n°10)	$m'_{10} =$	5.063,91 g

FRAÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2,00 mm (n°10)

Peneiros (mm)	Massa retida (g) (m_x)	% Retida $N_x = (m_x/m_t) \times 100$	% Acumulada retida (N'_x)	% Acumulada que passa $N''_x = 100 - N'_x$
75,00	0	0,000	0,000	100,000
50,00	0	0,000	0,000	100,000
37,50	572,72	4,757	4,757	95,243
25,00	442,26	3,674	8,431	91,569
19,00	591,26	4,911	13,342	86,658
9,50	1.902,68	15,804	29,146	70,854
4,75	1.776,50	14,756	43,902	56,098
2,00	1.689,72	14,035	57,938	42,062
<2,00	5.063,91			
Total	12.039,05			

FRAÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 mm (n°10)

 Massa da Amostra a ensaiar (g) $m_a = 300$
 $N''_{10} = (m'_{10}/m_t) \times 100 = 42,06$

Peneiros mm	Massa retida (g) (m_x)	% Retida $N_x = (m_x/m_t) \times N''_{10}$	% Acumulada retida (N'_x)	% Acumulada que passa $N''_x = 100 - N'_x$
0,850	1,60	0,224	58,162	41,838
0,425	46,32	6,494	64,656	35,344
0,250	42,40	5,945	70,601	29,399
0,100	33,45	4,690	75,291	24,709
< 0,100	176,23			
Total	300			

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTÓMETRO (Raios X)

 Massa da Amostra a ensaiar (g) $m_a = 150$
 $N''_{10} = (m'_{10}/m_t) \times 100 = 58,74$

Peneiros μm	Massa retida (g) (m_x)	% Retida $N_x = (m_x/m_t) \times N''_{10}$	% Acumulada retida (N'_x)	% Acumulada que passa $N''_x = 100 - N'_x$
100	33,45	4,690	75,291	24,709
75	0,93	0,129	75,580	24,420
50	0,93	0,129	75,870	24,130
20	2,34	0,328	76,198	23,802
10	38,45	5,390	81,588	18,412
5	23,75	3,299	84,887	15,113
2	32,98	4,610	89,497	10,503
1	14,49	1,990	91,487	8,513
Total	147,32			

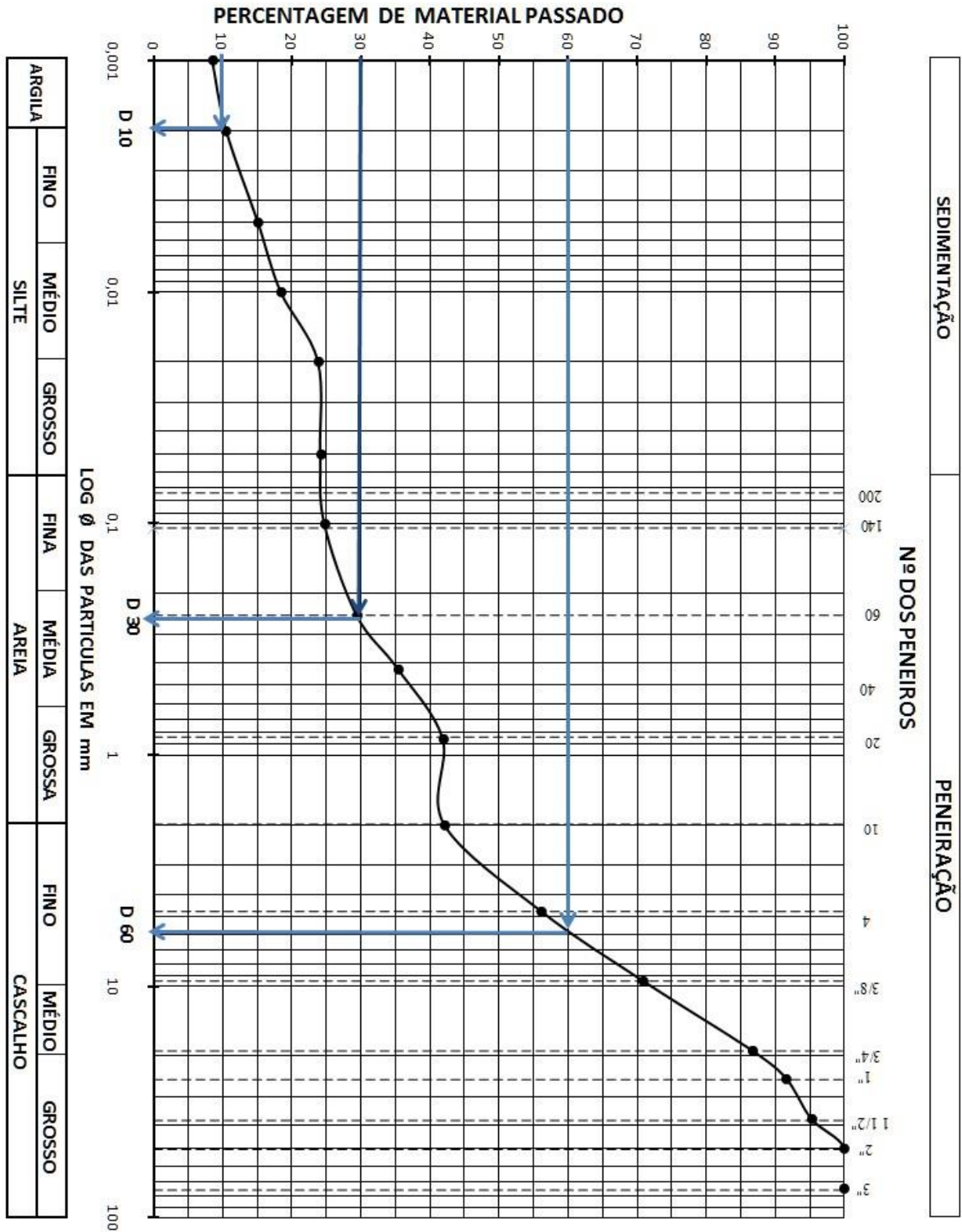


Figura 3.15 – Curva granulométrica do solo em estudo

3.2.4. - Limites de consistência de um solo a utilizar na construção

Neste solo, o índice plasticidade (IP) está abaixo do recomendado visto este ter um IP igual a 6; quanto ao limite de liquidez (LL) é de 26 também está abaixo do recomendado segundo o quadro 3.3, estando dentro dos parâmetros mínimos; já o limite de plasticidade (LP) está dentro dos parâmetros recomendados, o LP do solo em causa é de 20. Quanto ao limite de retração (LR) é deste solo é de 18, logo encontra-se na zona de teor de água ótimo segundo estes autores (Doat, et al., 1979).

Quadro 3.3 – Limite de consistência de um solo segundo (Doat, et al., 1979)

	Recomendado	Mínimos e máximos
Índice de plasticidade	7 – 18	7 – 29
Limite de liquidez	30 – 35	25 – 50
Limite de plasticidade	12 – 22	10 – 25
Limite de retracção	<Teor água ótimo	8 – 18

3.2.4.2. – Limites de consistência

Para efetuar os ensaios de limite de consistência ter-se-á de cumprir a norma NP 143 – 1969 (NP143, 1969) - Solos, para a qual será necessário obter os limites de retração, os limites de liquidez e os limites de plasticidade do solo em causa. Segundo Atterberg (BS1377, 1990) estes limites aumentam com o teor de água do solo. Para efetuar estes ensaios, deve-se preparar 250 g de solo passado no peneiro nº 40 (0,425 mm) segundo a especificação E 195 - 1966 LNEC (E195, 1966), a preparação da amostra é pela via seca. Para obter os limites de consistência, seguiu-se os procedimentos da especificação E 27–1954 LNEC (E27, 1954).

3.2.4.2.1. - Limite de liquidez

Após a preparação do solo, adicionamos água destilada e amassamos, de forma a que este fique homogéneo em relação à presença de água. Como estamos na presença de um solo argiloso manda a especificação E 195 – 1966 LNEC (E195, 1966) que o preparado esteja no mínimo 24 horas misturado com água para as argilas expandirem. Após as 24 horas e garantindo uma repartição perfeitamente homogénea da água no solo, determina-se o limite de liquidez utilizando o equipamento Concha de Casagrande. Enche-se meia concha como mostra figura 3.16 e com o riscador à direita na figura 3.15 faz-se um sulco com o riscador ao longo do solo, e começa-se a efetuar o número de pancadas necessárias até que una o sulco no centro com 1 cm. Repete-se o ensaio seis vezes, retirando-se sempre uma pequena amostra para um copo tarado cumprindo a especificação E 16 - 1953 LNEC (E16, 1953) teor de humidade, que posteriormente irá à estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ para se determinar o teor em água em cada ensaio conforme mostra o quadro 3.4.

Com base no número de pancadas e a percentagem de água existente no solo elabora-se um gráfico onde se unem os 6 pontos, número golpes/percentagem de água; no eixo X coloca-se o número de golpes e no eixo Y coloca-se a percentagem de água. O limite de liquidez, manda a especificação E 27 - 1954 LNEC (E27, 1954) corresponde sempre 25 golpes deferido com Concha de Casagrande conforme anexo (figura A1.1).



Figura 3.16 - Concha de Casagrande modelo manual e riscador

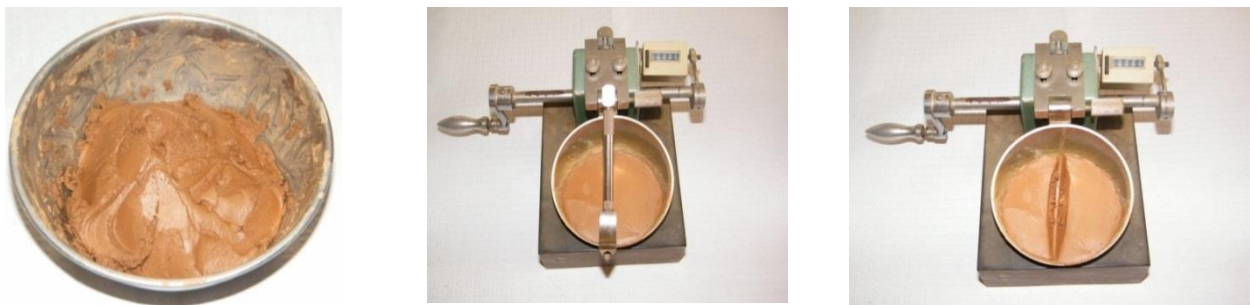


Figura 3.17 – Amostra de solo e ensaio da Concha de Casagrande com sulco no solo

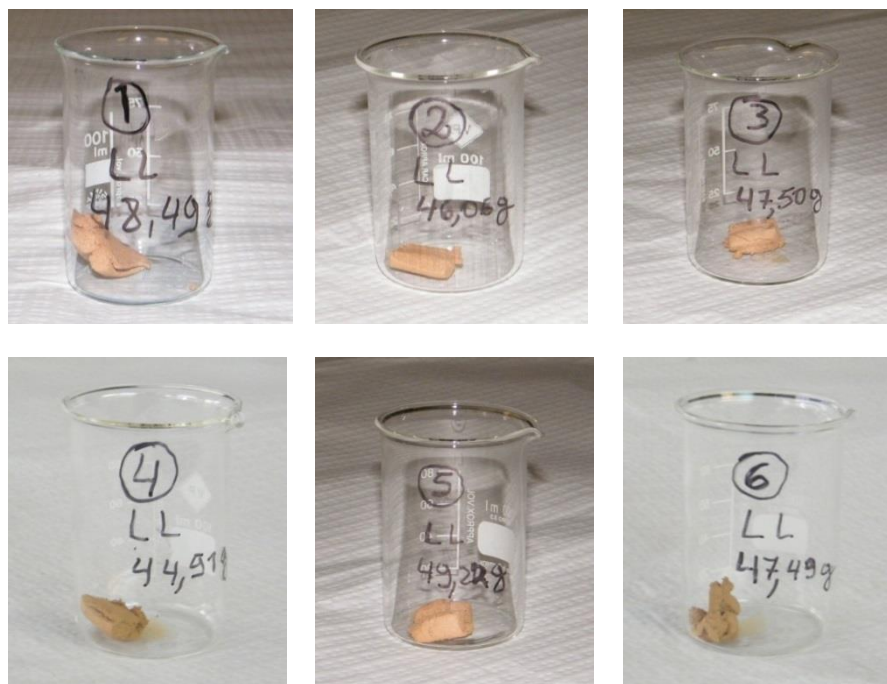


Figura 3.18 - Amostras para cálculo do limite de liquidez

Na figura 3.17 podemos visualizar as amostras após a secagem na estufa e pesadas. Fazendo a diferença entre a massa do solo húmido e o solo seco dá-nos a massa da água, o qual através da razão da massa da água e a massa do solo seco obtemos o teor em água (percentagem de água no solo) onde se encontram registadas as diferentes massas dos ensaios no quadro 3.4.

Posteriormente efetua-se o diagrama teor em água / número de golpes, intersectam-se os pontos com uma recta. No ponto dos 25 golpes retira-se o limite de liquidez (LL) (anexo A1.1).

Quadro 3.4 - Cálculo do limite de liquidez

Limite de liquidez							
Copo		1	2	5	3	4	6
Número de pancadas		38	36	28	23	21	12
Massa do copo	(g)	48,49	46,06	49,22	47,50	44,91	47,49
Massa do copo + Solo húmido	(g)	57,20	50,38	54,24	52,11	50,26	52,71
Massa do copo + Solo seco	(g)	55,44	49,51	53,20	51,14	49,11	51,54
Massa da água	(g)	1,76	0,87	1,04	0,97	1,15	1,17
Teor em água (%)		25,32	25,22	26,13	26,65	27,38	28,89
Limite de liquidez		26					

3.2.4.2.2. - Limite de plasticidade

A execução deste ensaio assenta novamente na norma NP 143 – 1969 (NP143, 1969) – Solos e na especificação E 195 – 1966 LNEC (E195, 1966) que recomenda que o solo seja preparado no mínimo 24 horas antes da realização do ensaio, visto estarmos na presença de um solo argiloso. Após conclusão dos protocolos da NP 143 – 1969 (NP143, 1969) e da E 195 – 1966 LNEC (E195, 1966), passaremos a executar o ensaio do limite de plasticidade conforme especificação E 27 - 1954 LNEC (E27, 1954). É necessário executar pequenos rolinhos com um diâmetro aproximadamente de 3 mm numa superfície lisa (neste caso vidro, como mostra figura 3.18) com a palma da mão até este quebrar. Seguidamente colocam-se dentro de um copo tarado e pesou-se o solo húmido mais o copo. Repete-se este procedimento no mínimo quatro vezes (4 ensaios) conforme quadro 3.5 nos mostra. Posteriormente à realização, neste caso, de 5 ensaios colocam-se os copos com os rolinhos (figura 3.19) na estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ para se determinar o teor de água. Posteriormente faz-se uma média dos teores em água arredondados à unidade segundo o sistema de arredondamento. Neste caso estamos na presença de um limite de plasticidade (LP) igual a 20.



Figura 3.19 – Solo para efetuar os provetes cilíndricos por rolagem

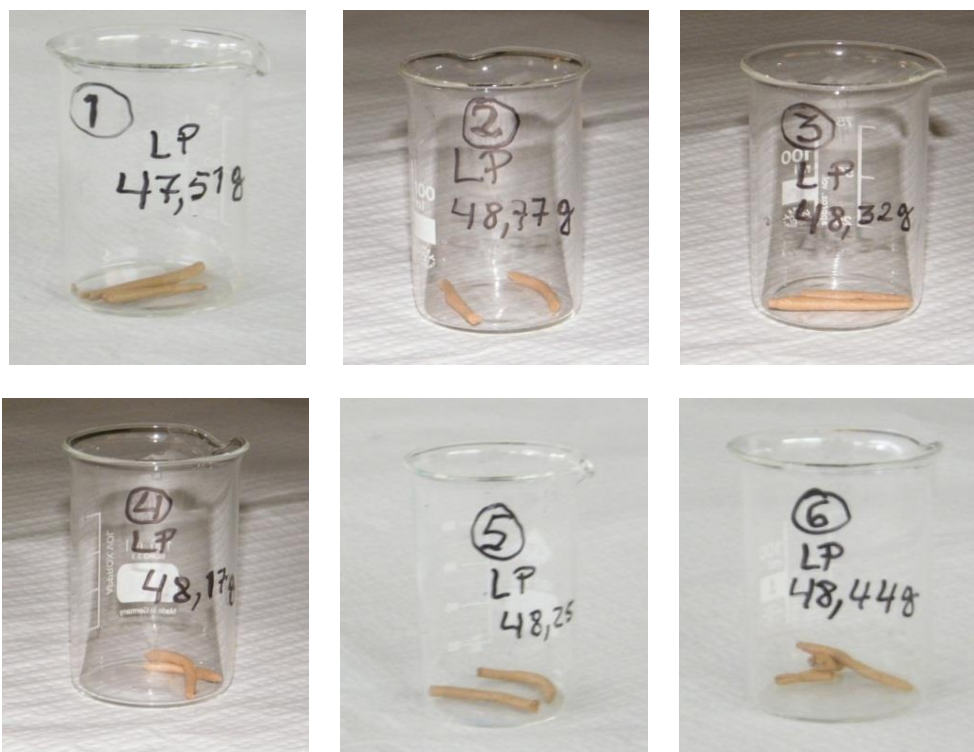


Figura 3.20 - Amostras para o cálculo de limite plasticidade

Após a secagem na estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ para se determinar o teor de água das 6 amostras dos rolinhos da figura 3.19 elabora-se o quadro 3.5 para o cálculo do limite de plasticidade (LP) utilizou-se a equação 3.1 que posteriormente se obtém o LP.

Quadro 3.5 - Cálculo dos limites de plasticidade

Limite de Plasticidade						
Copo		1	2	3	4	5
Massa do copo	(g)	47,51	48,77	48,44	48,17	48,44
Massa do copo + Solo húmido	(g)	49,06	50,06	49,81	49,56	49,96
Massa do copo + Solo seco	(g)	48,79	49,85	49,57	49,33	49,7
Massa da água	(g)	0,27	0,21	0,24	0,23	0,26
Teor em água (%)		21,09	19,44	21,24	19,83	20,63
Massa da água	(g)	1,28	1,08	1,13	1,16	1,26
Teor em água médio (%)		20,45				
Limite de plasticidade		20				

3.2.4.2.3. - Índice de Plasticidade

O índice de plasticidade é a diferença entre os limites de liquidez (LL) e os limites de plasticidade (LP). No solo em análise, o seu índice de plasticidade (IP) é de 6.

3.2.4.2.4. – Limite de retração

O limite de retração pode-se obter como é descrito na NP 143 – 1969 (NP143, 1969) através do ensaio da caixa, mas segundo os autores (Holtz & Kovacs, 1991) , como podemos obter este através de um ábaco conhecendo o índice de plasticidade (IP), o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP). Com um IP igual a 6, um LL igual a 26 e um LP igual a 20, obtemos assim no referido ábaco um limite de retração (LR) igual a 18.

3.2.5. – Ensaio de compactação com Proctor

Este ensaio é realizado segundo a especificação E 197 - 1966 LNEC (E197, 1966). Posteriormente o solo já foi preparado e repartido no repartidor de forma a ficar o mais homogéneo possível em termos de granulometria, neste caso devido há existência de granulometria superior a 19 mm (3/4”), segundo a especificação foi rejeitada essa granulometria de dimensões superior a 20 mm (3/4”). O teor de humidade do solo é mais ou menos o teor de humidade da recolha. O solo para este ensaio depois de repartido foi dividido em 5 partes com aproximadamente 5kg e colocado em sacos hermeticamente fechados para não perderem humidade.

Para realizar o ensaio Proctor segundo a E 197 – 1966 LNEC (E197, 1966) devido à dimensão granulométrica deve-se realizar o ensaio Proctor pesado e em molde grande. O primeiro saco é compactado com o teor de humidade inicial com 55 pancadas por camada e em 5 camadas como manda o protocolo do ensaio. Para o ensaio do Proctor Pesado o pilão de compactação é de 4,54 kg e de uma altura 457 mm. O Molde grande tem o diâmetro de 152 mm e uma altura 178mm incluindo a alonga do molde. Para as restantes 4 amostras os procedimentos em relação à compactação são idênticos, salvo o teor de humidade deste que tem mais 2% que o valor inicial (sendo adicionada água ao solo) no caso da segunda amostra, no caso da terceira amostra tem mais 4% de teor de humidade que o inicial e assim sucessivamente até à última amostra. Como é adicionada água o solo tem que ficar homogéneo, depois de bem misturado devido à quantidade de argila a especificação E 195 – 1966 LNEC (E195, 1966) recomenda que o solo seja preparado no mínimo 24 horas antes da realização do ensaio. Procedimento esse, que foi cumprido deixando o solo depois da adição de água e bem misturado com esta dentro de um saco fechado para não perder humidade durante essas horas antes da compactação no ensaio Proctor de Molde Grande.

O objetivo deste ensaio é ter dois ramos, um do lado seco, outro do lado húmido para se achar o teor ótimo de humidade para a compactação, para posteriormente ser usado na realização dos provetes. Com este ensaio para se obter o teor ótimo de humidade e a Massa volúmica seca

do solo realizou-se o quadro 3.6 que dá origem ao gráfico em anexo A1.2. Com estes valores de referência do teor ótimo de humidade servirá para efetuar os provetes para o ensaio de resistência à compressão uniaxial segundo a ASTM D 1633 – 00 (ASTM D1633, 2000) e os ensaios térmicos.

Conforme podemos visualizar na figura 3.20, o equipamento corresponde ao Proctor de ensaio pesado em molde grande. Assim como na figura 3.21, a retirada do provete do molde para efetuar o restante ensaio. O ponto de teor ótimo de humidade encontra-se no centro do provete. Neste caso é solo do centro do provete que é colocado em dois copos pesado o copo e o solo e posteriormente colocados na estufa a 105°C mais ou menos 3°C para se determinar o teor de água conforme mostra o quadro 3.5. Na figura 3.22 temos a amostra de solo húmido retirado do provete e a amostra de solo seco após ter estado na estufa ao fim de 24 horas.



Figura 3.21 - Ensaio Proctor pesado molde grande (55 pancadas por camada)



Figura 3.22 – Molde grande do Proctor e desmoldagem do molde após compactação



Figura 3.23 - Amostras do solo do ensaio Proctor antes de seco e depois de seco na estufa

Quadro 3.6 - Cálculo do teor de humidade ótimo e da massa volúmica seca

Ensaio do Proctor pesado molde grande				
Massa do molde (g)	Volume do molde (cm ³)	Massa volúmica seca máxima (g/cm ³)		2,17
3095,39	2068,63	Teor ótimo de humidade (%)		8,65
Água adicionada	0%	2%	4%	6%
Massa do molde (g)	3095,39	3095,39	3095,39	3095,39
Volume do molde (cm ³)	2068,63	2068,63	2068,63	2068,63
Molde + Solo húmido (g)	7.743,00	7.961,00	7.886,00	7.794,00
Solo húmido (g)	4.647,61	4.865,61	4.790,61	4.698,61
Massa volúmica húmida (g/cm ³)	2,25	2,35	2,32	2,27
Massa volúmica seca (g/cm ³)	2,10	2,16	2,07	1,98

Cápsula nº	1	2	3	4	5	6	7	8
Massa da cápsula (g)	103,00	99,13	119,28	101,73	98,99	105,78	119,59	120,08
Solo húmido + Cápsula (g)	372,92	407,34	457,51	440,90	442,74	470,15	454,49	492,28
Solo seco + Cápsula (g)	355,22	389,07	432,02	414,44	410,23	433,41	415,82	450,96
Massa da água (g)	17,70	18,27	25,49	26,46	32,51	36,74	38,67	41,32
Solo seco (g)	252,22	289,94	312,74	312,71	311,24	327,63	296,23	330,88
Teor em água (%)	7,02	6,30	8,15	8,46	10,45	11,21	13,05	12,49
Teor em água médio (%)	6,66		8,31		10,83		12,77	

É com os valores obtido nos cálculos no quadro 3.6 que chegamos à elaboração do gráfico que se encontra anexo (figura A1.2) e obtemos o ponto de massa volúmica seco 2,17g/cm³ e o teor ótimo de 8,65%, sendo este o ponto de teor de humidade ótimo para efetuar compactação dos provetes para os restantes ensaios.

Quadro 3.7 – Ensaio de compactação Proctor

	Teor de água ótimo (%)	Massa volúmica máxima seca (g/cm ³)
Chança	8,65	2,17

Segundo as diretivas da CRATerra os teores ótimos de água estão compreendidos entre 9–17%; neste caso encontramos ligeiramente abaixo, mas existem outros autores em que o valor indicado é 9,5 a 11% como (Bahar, *et al.*, 2004). Mas no caso das normas NZS recomendam 3 – 5% como ótimo.

3.2.6. – Densidade das partículas

O ensaio laboratorial da densidade das partículas foi efetuado segundo a NP 83 – 1965 (NP83, 1965) em que o solo é peneirado no peneiro nº 4 ASTM (malha quadrada de 4,75mm) preparado, seco ao ar e pesado três porções com aproximadamente 25g de solo cada peneirado. Pesam-se os picnómetros secos e com água destilada pela marca do picnómetro visível na figura 3.18, seguidamente após pesados retira-se a água e coloca-se o solo dentro destes. Com o solo dentro coloca-se novamente água destilada e deixa-se repousar 12 horas no mínimo.

Após o repouso das argilas e expansão destas, coloca-se água destilada até à marca do picnómetro, colocando-se em seguida em ebulição durante 10 minutos aproximadamente para libertar o ar existente entre o solo e a água. Deixa-se arrefecer e coloca-se a água novamente ao nível de referência. Para verificar a temperatura do solo utiliza-se um termómetro de varinha. A temperatura deve rondar os 20°C para retirar a constante k, para cálculo da densidade do solo pela fórmula seguinte:

$$d = \frac{m_4}{m_3 - (m_5 - m_4)} \times k \quad (3.4)$$

d – Densidade das partículas

m_3 – massa em gramas do picnómetro cheio de água à temperatura t_0 ;

m_4 – massa do provete seco em gramas;

m_5 – massa do picnómetro com o solo e cheio com água à temperatura t_0 ;

k – quociente da densidade da água à temperatura t_1 pela densidade da água a 20°C ver quadro 3.9.

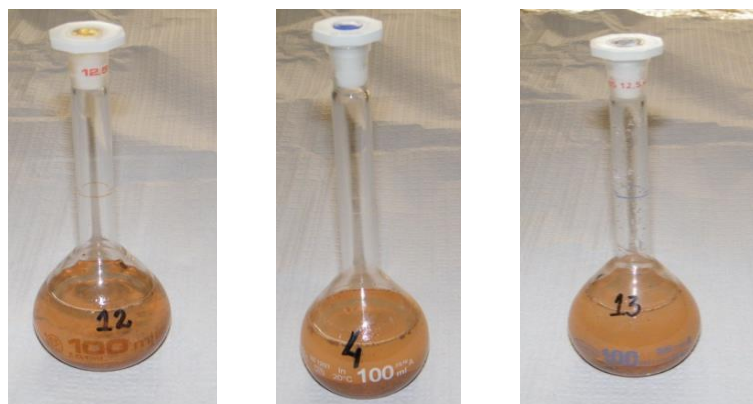


Figura 3.24 - Picnómetros com solo e água destilada para cálculo da densidade das partículas

Quadro 3.8 – Cálculo da densidade das partículas

Densidade das partículas				
Picnómetro				
Designação	Símbolo	Provetes		
		Provete 1	Provete 2	Provete 3
Picnómetro + Água destilada (g)	m ₃	148,55	157,37	162,62
Picnómetro + Provete + Água destilada (g)	m ₅	166,38	176,17	180,33
Cápsula N°	-	4	12	13
Cápsula (g)	-	49,09	58,56	62,95
Provete seco + Cápsula	-	79,25	88,84	93,06
Provete seco (g)	m ₄	30,16	30,28	30,11
Temperatura do ensaio (°C)	t	25°	25°	25°
Razão entre as densidades da água à temperatura do ensaio e a 20°	k	0,99708	0,99708	0,99708
Densidade das partículas	d	2,44	2,63	2,42
Densidade média das partículas	d̄	2,50		

Quadro 3.9 – Tabela cálculo do factor k, correspondência entre temperatura/densidade

Temperatura °C	Densidade	k
10	0,99973	1,002
11	0,99963	1,001
12	0,99953	1,001
13	0,99941	1,001
14	0,99927	1,001
15	0,99913	1,001
16	0,99897	1,001
17	0,99880	1,001
18	0,99862	1,000
19	0,99843	1,000
20	0,99823	1,000
21	0,99802	1,000
22	0,99780	1,000
23	0,99757	0,999
24	0,99733	0,999
25	0,99708	0,999
26	0,99681	0,999
27	0,99654	0,998
28	0,99626	0,998
29	0,99598	0,998
30	0,99568	0,997

Como podemos observar no quadro 3.8, no fim do ensaio obtemos uma densidade em cada picnómetro; para obtermos a densidade das partículas temos de efetuar uma média dos três picnómetros e arredondar à centésima, que resulta num valor de 2,50.

3.2.7. – Ensaio *in situ*

Segundo a bibliografia seguida neste trabalho “A Construção em Terra” (Torgal, et al., 2009) e adaptados pela *CRATerre*, aborda os seguintes ensaios de campo que passam pelo contacto visual da cor do solo avaliando-se assim a quantidade existente no solo de matéria orgânica, a existência de areias feldspáticas, areias quartzosas e a presença de óxidos de ferro nas argilas. O teste do cheiro identifica também a matéria orgânica, exemplo de húmus que potencia o aquecimento ou humedece facilmente o solo.

O teste do tato serve para verificar se uma amostra de solo é arenosa ou se é um solo plástico ou viscoso, devido à quantidade de argila presente na amostra. Tal como o teste do brilho depois de efetuada uma bola humedecida nas mãos, constata-se se a aderência é boa ou se é um solo saibroso. Como este há mais testes, que eram antigamente usados pelos mestres da arte de construção em terra, visto não existir a prática de analisar o solo em laboratório antes de se efetuar qualquer construção para verificar as suas qualidades e consistência após compactação e secagem.

No presente trabalho, este tipo de análise não foi efectuada visto se terem efetuado os ensaios físicos e geotécnicos que caracterizam o solo com maior rigor.

3.3. - Classificações geotécnicas para fins de engenharia

3.3.1. – Diagrama triangular de Feret

Existem autores que se baseiam na presença de três percentagens diferentes e que se encontram num único ponto. Daí é definido se o solo tem condições para a construção em terra, neste caso taipa em que já existe uma zona pré-definida.

No presente caso, como estamos na presença de um solo com 58% de cascalho, não o vamos considerar e fazendo corresponder os restantes 42% de areia, silte e argila a 100%.

Se neste caso os 42% de areia, silte e argila corresponderem a 100%, temos assim que 18% de areia correspondem a 43% do diagrama triangular de Feret (figura 3.24), 14% de silte correspondem a 33% e por último temos 10% de argila que correspondem a 24% no referido diagrama.

Com estes valores obtemos assim um ponto de intersecção do solo em estudo, que neste caso cai dentro da zona pré-definida para taipa (Moran, 1984), como podemos observar na figura 3.24.

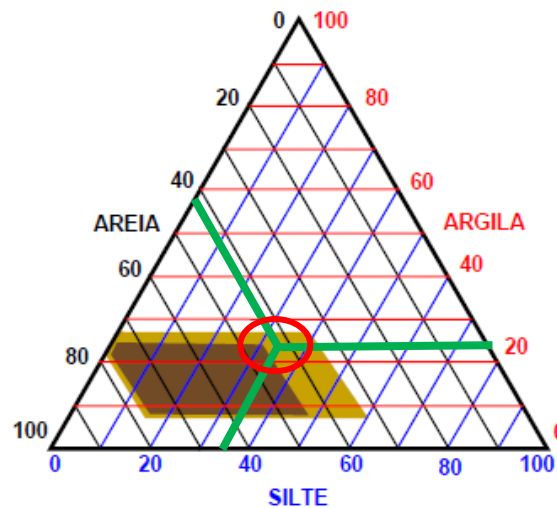


Figura 3.25 – Diagrama triangular de Feret - Indicativos de uso para taipa e blocos (Moran, 1984)

3.3.2. – Massa volúmica

Para obter a massa volúmica no trabalho, seguiu-se o mencionado sobre o assunto tanto na bibliografia (Torgal, *et al.*, 2009) e o autor (Doat, *et al.*, 1979) que classificam a massa volúmica em quatro factores segundo o quadro 3.10.

Quadro 3.10 – Classificação da massa volúmica seca depois da compactação (Doat, *et al.*, 1979)

Massa Volúmica seca (kg/m ³)	Classificação
1650 – 1760	Medíocre
1760 – 2100	Muito satisfatório
2100 – 2200	Excelente
2200 – 2400	Excepcional

No presente trabalho, a massa volúmica seca média dos provetes é 2055 kg/m³ nos provetes de solo. Podemos considerar a massa volúmica muito satisfatória neste caso, conforme o quadro 3.10.

3.3.3. – Classificação da plasticidade de um solo

Quadro 3.11 – Classificação da plasticidade segundo (Doat, *et al.*, 1979)

Plasticidade	IP
Fraca	5 – 10
Média	10 – 20
Forte	>20

Neste caso, segundo o quadro 3.11 estamos na presença de um IP no solo analisado de 6, logo estamos na presença de um solo fraco a nível de plasticidade segundo (Doat, *et al.*, 1979).

3.3.4. – Grau de atividade das argilas

Quadro 3.12 – Grau de atividade das argilas (Doat, *et al.*, 1979)

Tipo de argilas	Ac = IP/(% argila<0,002mm)
Pouco ativa	Ac < 0,75
Normalmente ativa	0,75 < Ac < 1,25
Ativa	1,25 < Ac < 2,0
Muito ativa	Ac > 20

No presente caso a razão entre o IP e a percentagem de argila de 0,002mm é de 6/33,8 sendo este inferior a 0,75, logo a argila é pouco ativa segundo o quadro 3.12 no solo em estudo.

3.3.5. – Classificação quanto à retração do solo

Conforme calculo efectuado no item 3.2.4.2.2, obteve-se um limite de retração (LR) igual a 18. Segundo o quadro 3.13 estamos na presença de um solo com fraca retração.

Quadro 3.13 – Classificação da retração de um solo (Houben & Guillard, 2006)

Classificação do solo	LR (%)
Susceptível a forte retração	>70
Retráctil	50 – 70
Retração fraca	<50

3.3.6. - Classificação geotécnica do Sistema Unificado

Para classificação do solo pelo Sistema Unificado (SU), será utilizada a norma ASTM D2487-85 (ASTM D2487, 1985) específica para fins de engenharia. Com esta classificação ficamos a saber o tipo de solo presente para o restante trabalho.

Neste caso como estamos na presença de um solo grosso, pois pela figura 3.15 verificamos que mais de 50 % da massa (neste caso 75%) fica retida no peneiro 75mm, assim como se pode dizer que estamos na presença de uma areia, pois mais de 50% da massa passa no peneiro de 4,75mm, ou seja, passa aproximadamente 56%, como se pode verificar no gráfico granulométrico em anexo A1.3. Esta areia é com finos, pois mais de 12% passa no peneiro de 75µm ou seja 24%. Através do LL, LP e do IP, obtemos assim um solo com finos CL ou ML (carta de plasticidade), dependendo do tipo de argila presente neste. Como os finos não são orgânicos (esta tem uma percentagem de 0,96%) logo os símbolos do grupo unem-se e estamos na presença de um SC-SM de acordo com a norma estamos na presença duma areia argilo-siltoso com cascalho, segundo a classificação do Sistema Unificado para fins de engenharia.

Capítulo 4

Resistência mecânica

Neste capítulo abordaremos a fase da compactação dos provetes, bem como a adição no solo original de materiais isolantes com o fim de diminuir a condutibilidade térmica.

Trataremos de ensaios de resistência à compressão nos diversos provetes, aos 21 dias de cura e a mais 28 dias. A mais de 28 dias de cura, porque os quatro provetes escolhidos aleatoriamente, primeiro foram efetuados os ensaios térmicos onde se realizaram três leituras por face de cada provete, só depois foram efetuados os ensaios de resistência à compressão, passando assim dos 28 dias de cura. Quanto aos provetes testados aos 21 dias também foram escolhidos aleatoriamente.

Os ensaios de resistência à compressão foram efectuados nos laboratórios de Geociências com equipamento CBR seguindo as normas ASTM D1633 – 00 (ASTM D1633, 2000).

4.1. – Preparação dos provetes para ensaios

A execução dos provetes para os ensaios mecânicos (compressão uniaxial) e térmicos foram efetuados com teor ótimo de humidade calculado na alínea 3.2.5. A compactação do solo foi efetuada mecanicamente, aproximando-se assim já compactação usada pela maioria dos atuais construtores em taipa.

Para isso foi necessário estudar a melhor maneira visto o molde (figura 4.1) ser cúbico de 10cm x 10cm x 10cm o que não se ajustava para utilizar o equipamento do ensaio do Proctor. Neste caso comparou-se o sistema usado pela empresa Betão & Taipa, Lda., um sistema pneumático conforme mostra a figura 4.3 e adaptou-se um martelo eletromecânico com características próximas do anterior (figura 4.2) para se conseguir uma boa compactação atendendo que os provetes irão ser efetuados em laboratório, logo à que tornar a compactação o mais semelhante à efectuada *in situ*.

O molde utilizado foi efetuado em aço para ser semelhante ao utilizado nos provetes de betão de 10cm x 10cm x 10cm que recomenda a norma ASTM D1633 – 00 (ASTM D1633, 2000), assim como recomendação do Prof. Doutor Said Jalali para efetuar os ensaios mecânicos, como se pode ver na figura 4.1 o molde e um provete de solo após sua realização.

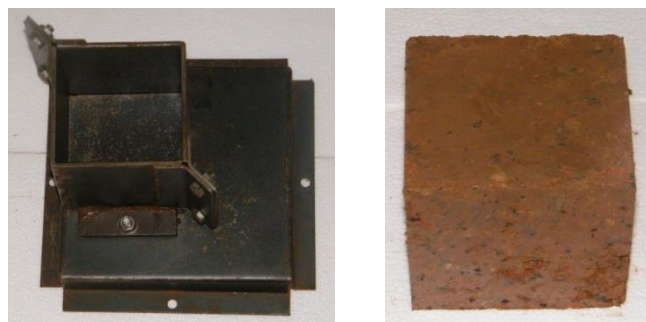


Figura 4.1– Molde para efectuar os provetes para o estudo e provete de solo original



Descrição TP 400
Altura - 471 mm
Largura – 243 mm
Espessura – 108 mm
Peso – 5,6 kg
Energia impacto – 7,5 J
Golpes por minuto – 3180

Figura 4.2– Equipamento utilizado na compactação dos provetes (Hilti, 2009)



modelo CP0003
Altura - 1320 mm
Peso - 13,5 kg
Largura – 152 mm
Consumo de ar – 8 l/s
Golpes por minuto – 800

Figura 4.3 – Equipamento utilizado na compactação pela Betão & Taipa, Lda (Pneumatic, 2011)



Figura 4.4 – Provetes necessários para a realização dos ensaios mecânicos e térmicos

Na realização dos provetes para os ensaios mecânicos, tentou-se manter sempre a mesma metodologia para todos, quer na compactação, quer nas misturas dos outros componentes. No caso da compactação, foi efectuada em 5 camadas como se tratasse do ensaio Proctor, assim como também se retiraram os agregados mais grosseiros (superiores a 20 mm), o molde onde se realizou a compactação era de pequena dimensão (10cm x 10cm x 10cm) o que faria alterações significativas na compactação devido ao arranjo das partículas quer a nível de compactação quer a nível térmico.

O solo original utilizado na compactação estava sempre com mais ou menos o teor ótimo de humidade que foi obtido no ensaio Proctor. Quanto à homogeneização do solo tentou-se sempre que todas as partículas finas e grossas existissem, mesmo quando se começou a adicionar a argila expandida e o granulado de cortiça. Quando da mistura do solo original e os isolantes utilizados, tentou-se que as misturas fossem mais homogêneas, de forma a não existirem zonas do provete em que se encontra mais quantidade de isolantes e outras sem nada.

A compactação dos provetes para os ensaios com o sistema utilizado demorava menos tempo de compactação por camada, visto o equipamento utilizado ter um maior número de golpes num minuto. O equipamento utilizado produzia cerca 3180 golpes/minuto (figura 4.2), fazendo o mesmo com menos tempo por camada e mais golpes que no ensaio do Proctor, aproximando-se assim da compactação mecânica hoje utilizada *in situ* nas novas construções em taipa, como exemplo o caso da Adega da Herdade do Rocim (figura 2.20 e figura 4.3) e da casa em Almogrove (figura 2.18).

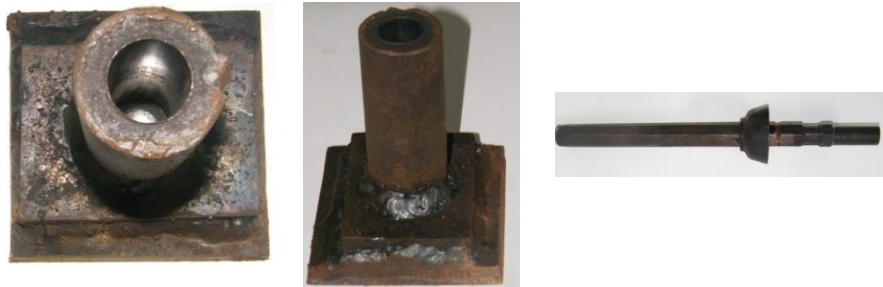


Figura 4.5 – Acessórios utilizados no equipamento para compactação dos provetes

Conforme se pode verificar na figura 4.5, o molde ajustava-se ao pilão para que as partículas de solo por camada compactada, se reajustem todas ao mesmo tempo e a força de compressão seja igual em qualquer parte do provete, camada a camada. Cada provete à semelhança do ensaio Proctor, foi executado com 5 camadas de solo ou mistura de solo com isolante térmico.

Foram efectuados sete provetes de características idênticas, umas contendo o solo original e outras com três tipos isolantes térmicos. Neste caso, foram efectuados sete provetes com argila expandida com uma granulometria 2-4 e mais sete de cada um dos dois tipos de granulometria de cortiça: granulometrias 3-5 e 2-10. Cada um destes tipos isolantes térmicos (neste caso matérias naturais) foi adicionado, em diversas percentagens volumétricas, ao solo original. Os provetes de solo original serviram de referência para comparação das características mecânica e térmica em relação aos provetes com mistura.

Assim, foram executadas séries de sete provetes, cada uma com uma percentagem de cada um dos materiais atrás referidos, ou seja, solo mais 10%, 15%, 20% e 25% de argila expandida..

No granulado de cortiça as granulometrias utilizadas foram 3-5 e 2-10. O método foi idêntico e foram utilizadas as mesmas percentagens para fazer comparação mecânica e térmica. Na figura 4.6 podemos ficar com uma ideia dos produtos adicionados ao solo para fazer os ensaios mecânicos e térmicos.

No que respeita às características mecânicas efetuaram-se os ensaios aos 21 dias e aos 28 dias após as medições térmicas. Segundo alguns autores (Eusébio, 2001) e (Motta, 1997) a partir dos 21 dias o solo estabiliza quanto à sua resistência à compressão. Desta forma foi feita uma análise mais detalhada sobre se existe variação de resistência entre os 21 e os 28 dias de cura. Neste caso decidimos efetuar sete provetes de solo (como referência) e 84 com mistura de solo e isolantes térmicos. Aos 21 dias foram efetuados os ensaios de resistência à compressão uniaxial no equipamento CBR visto a dimensão dos provetes ser pequena e a velocidade de compressão, segundo recomenda a norma ASTM D1633 – 00 em provetes de solo deve ser de 1 mm/minuto. Neste caso não se cumpriu a norma na íntegra, pois os provetes cilíndricos não permitem realizar medições térmicas, pois dispõe apenas de uma face plana para fazer medições. Porém, foram efetuados ensaios comparativos de provetes cilíndricos de diâmetro 100mm por 150mm de altura como referência à norma que a altura deve ser 1,5 vezes o diâmetro.



Figura 4.6– Argila expandida 2-4 e granulado de cortiça 3-5 e 2-10

4.2. – Ensaio de compressão uniaxial em provetes com 21 dias de cura

Os ensaios de compressão uniaxial foram efetuados em todas as séries de provetes aos 21 dias de cura (após a data da compactação). A escolha destes provetes para os ensaios aos 21 dias foi aleatória, ficando ainda mais 4 provetes de cada série que foram destruídos quando efetuadas as medições térmicas que se efetuaram nos provetes após os terem obtido os 28 dias de cura.

É a partir dos 28 dias de cura que os autores (Eusébio, 2001) e (Motta, 1997) abordam que a taipa com adição de estabilizantes (recorrendo à adição de cal hidráulica ou cimento portland) estabiliza a sua resistência à compressão e sem adição de estabilizantes é constante desde os 21 dias até aos 28 dias de cura.

Mesmo assim, após a realização dos ensaios à compressão, foram retiradas pequenas amostras do centro dos provetes para se determinar qual o teor de humidade ainda existente nos provetes. Constatou-se que ainda existia uma humidade residual de cerca de 2% em todos os provetes, como se pode verificar pelos quadros 4.1 e 4.2.

Quadro 4.1– Teor de humidade nos provetes de solo original aos 21 dias

	Solo provete 1		Solo provete 7	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
Copo (g)	101,46	119,58	90,52	97,80
Copo + Solo húmido (g)	399,98	415,27	418,39	396,26
Copo + Solo seco (g)	393,35	409,45	411,89	389,82
Massa da água (g)	6,63	5,82	6,5	6,44
Teor de humidade (%)	2,27	2,01	2,02	2,21

Quadro 4.2- Teor de humidade nos provetes de solo mais argila expandida aos 21 dias

	Solo com 10 % Argila Provete 4		Solo com 10% argila Provete 7	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
Copo (g)	99,32	99,63	98,24	119,60
Copo + Solo húmido (g)	421,39	397,98	373,56	342,73
Copo + Solo seco (g)	414,87	391,64	367,27	337,35
Massa da água (g)	6,52	6,34	6,29	5,38
Teor de humidade (%)	2,07	2,17	2,34	2,47

Neste caso concluiu-se por amostragem que o teor de humidade nos restantes provetes seria de idêntica ordem de grandeza.

4.2.1. – Provetes de solo original

4.2.1.1. Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo

Os ensaios de compressão foram efetuados nos provetes com leituras de tempo de 20 em 20 segundos e até ao rompimento dos provetes. Podemos ver no quadro o resumo dos 3 ensaios realizados (quadro 4.3) e nos quadros, em anexo, A2.1, A2.2 e A2.3 os ensaios encontram-se mais detalhados nos provetes ensaiados aos 21 dias.

Quadro 4.3 – Resistência à compressão dos provetes de solo original

Provetes solo original			
Ensaio aos 21 dias de Cura			
Tempo	Provete 1	Provete 3	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,014	0,032	0,090
0,67	0,113	0,135	0,122
1,00	0,167	0,316	0,140
1,33	0,275	0,519	0,271
1,67	0,429	0,745	0,397
2,00	0,542	1,011	0,537
2,33	0,745	1,296	0,686
2,67	0,858	1,535	0,826
3,00	1,016	1,806	0,984
3,33	1,174	2,077	1,124
3,67	1,278	2,303	1,264
4,00	1,377	2,519	1,395
4,33	1,463	2,687	1,517
4,67	1,540	2,781	1,616
5,00	1,580	2,777	1,684
5,33	1,603	2,258	1,734
5,67	1,607	2,032	1,738
6,00	1,585	1,671	1,720
6,33	1,544	1,084	1,662
6,67	1,445	0,858	1,553
7,00	1,350	0,768	1,273

No quadro 4.3 podemos observar a tensão na qual os provetes cedem colocados à compressão, no caso do provete 1 é de 1,607 MPa, no caso do provete 3 a resistência é de 2,781 MPa e para o provete 7 a tensão é de 1,738 MPa. Neste caso a resistência obtida nos provetes é aos 21 dias de cura e sem aditivos de estabilização no solo (cal ou cimento). No caso destes provetes a tensão correspondente à resistência máxima é superior à mínima recomendada pelas normas NZS, sem estabilização que é de 0,5 MPa (Delgado & Guerrero, 2006) recomendam para uma resistência de 1,8 MPa à compressão simples para a taipa, logo em qualquer dos casos estamos com uma resistência superior. Na figura 4.7 representam-se os valores obtidos nos ensaios dos 3 provetes em gráfico tensão (σ) e tempo em minutos.

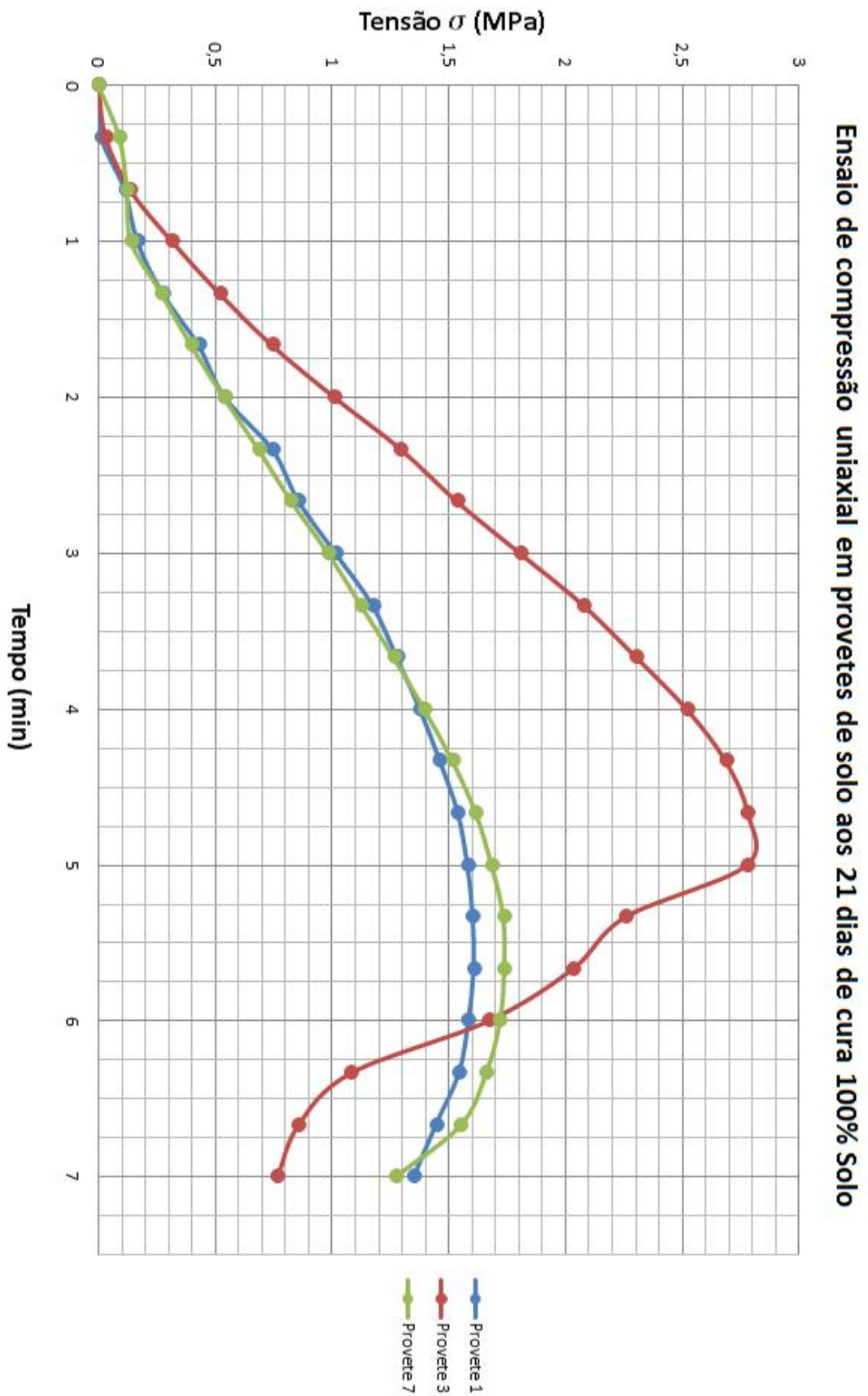


Figura 4.7- Gráfico dos ensaios em provetes 100% solo

4.2.2. – Provetes de solo com mistura de argila expandida 2-4

Os procedimentos para estes ensaios são idênticos para todos os provetes como podemos ver nas figura 4.8 e 4.9, e foram efetuados no laboratório de Geociências na prensa CBR. Nas tabelas em anexo do ensaio de cada provete estão os fatores de conversão da força em tensão.



Figura 4.8– Ensaio de compressão uniaxial no equipamento CBR Test



Figura 4.9– Proвете na fase de rotura

4.2.2.1 - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 10% de argila expandida

Quadro 4.4- Resistência à compressão dos provetes de solo com 10% de argila expandida 2-4

Provetes com 10% Argila expandida 2-4			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 1	Provete 4	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,059	0,023
0,67	0,041	0,172	0,158
1,00	0,090	0,303	0,339
1,33	0,221	0,506	0,492
1,67	0,393	0,686	0,695
2,00	0,610	0,862	0,917
2,33	0,831	1,057	1,142
2,67	0,989	1,242	1,323
3,00	1,174	1,499	1,549
3,33	1,355	1,657	1,711
3,67	1,544	1,802	1,860
4,00	1,725	1,960	2,000
4,33	1,860	2,091	2,068
4,67	2,036	2,190	2,077
5,00	2,127	2,230	2,014
5,33	2,190	2,230	1,847
5,67	2,194	2,081	1,666
6,00	2,127	1,987	1,472
6,33	1,973	1,793	1,237
6,67	1,788	1,377	1,034
7,00	1,436	0,903	0,867

Neste ensaio de provetes com solo e 10% de argila expandida 2-4, podemos observar que a tensão correspondente à resistência máxima dos provetes é superior aos de só solo. Como se pode observar, no quadro 4.4, no provete 1 a sua resistência à compressão antes de entrar em rotura é de 2,194 MPa, o provete 4 a resistência é de 2,230 MPa e o provete 7 a tensão é de 2,077 MPa. Neste caso a resistência obtida nos provetes aos 21 dias de cura é mais próxima entre provetes, sendo para qualquer destes superior a 2MPa. Neste caso a tensão à resistência mínima recomendado pelas normas NZS e (Delgado & Guerrero, 2006) são superadas. Neste quadro 4.4 é apresentado ainda a média da tensão/tempo dos três provetes.

Os ensaios nestes provetes estão mais pormenorizados em anexo nos quadros A3.1, A3.2 e A3.3. O gráfico que mostra a razão da tensão (σ)/tempo em minutos dos 3 provetes (figura 4.10).

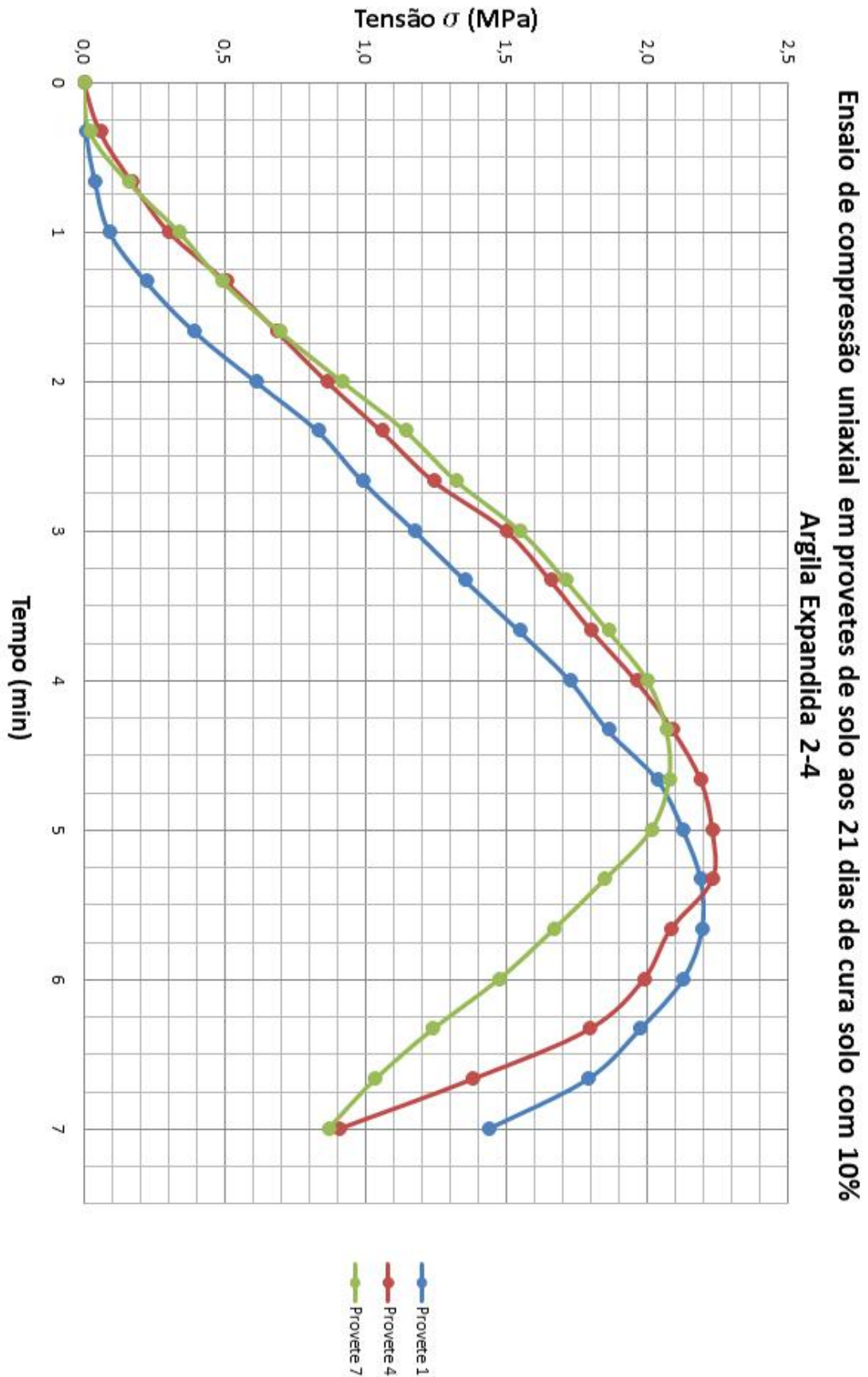


Figura 4.10 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% argila expandida 2-4

4.2.2.2. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 15% de argila expandida

Quadro 4.5- Tensões compressão uniaxial dos provetes com 15% de argila expandida 2-4

Provetes Solo com 15 % Argila 2-4			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 3	Provete 4	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,018	0,023	0,014
0,67	0,072	0,108	0,072
1,00	0,212	0,257	0,217
1,33	0,402	0,447	0,375
1,67	0,596	0,650	0,564
2,00	0,831	0,876	1,233
2,33	1,016	1,106	1,463
2,67	1,255	1,341	1,693
3,00	1,508	1,558	1,887
3,33	1,698	1,734	2,063
3,67	1,847	1,887	2,208
4,00	1,910	2,000	2,294
4,33	2,018	2,036	2,321
4,67	2,068	2,027	2,294
5,00	1,946	1,865	2,321
5,33	1,874	1,616	2,258
5,67	1,707	1,327	2,113
6,00	1,409	1,088	1,851
6,33	1,242	0,894	1,580
6,67	0,948	0,722	1,287
7,00	0,713	0,587	1,038

Também neste ensaio com a percentagem de 15% de argila expandida 2-4 no solo a resistência não se altera, mantendo a sua capacidade de resistência acima dos 2 MPa sem qualquer estabilizante. Quanto ao comportamento no que diz respeito à compressão simples nestes provetes, verificamos que mesmo aumentando a percentagem de argila expandida nos provetes, estes mantêm a sua resistência. Após ensaios deu para ver que existe uma boa interligação entre o solo e a argila expandida devido à sua granulometria ser de pequena dimensão, o que evita também o esmagamento na compactação do provete. Em anexo, nos quadros A3.4, A3.5 e A3.6 podemos observar cada ensaio mais pormenorizadamente assim como a figura 4.11 apresenta o gráfico em que podemos ver a zona de rebentamento de cada provete com a adição de 15% de argila expandida no solo. Este gráfico (figura 4.11) resulta do quadro 4.5.

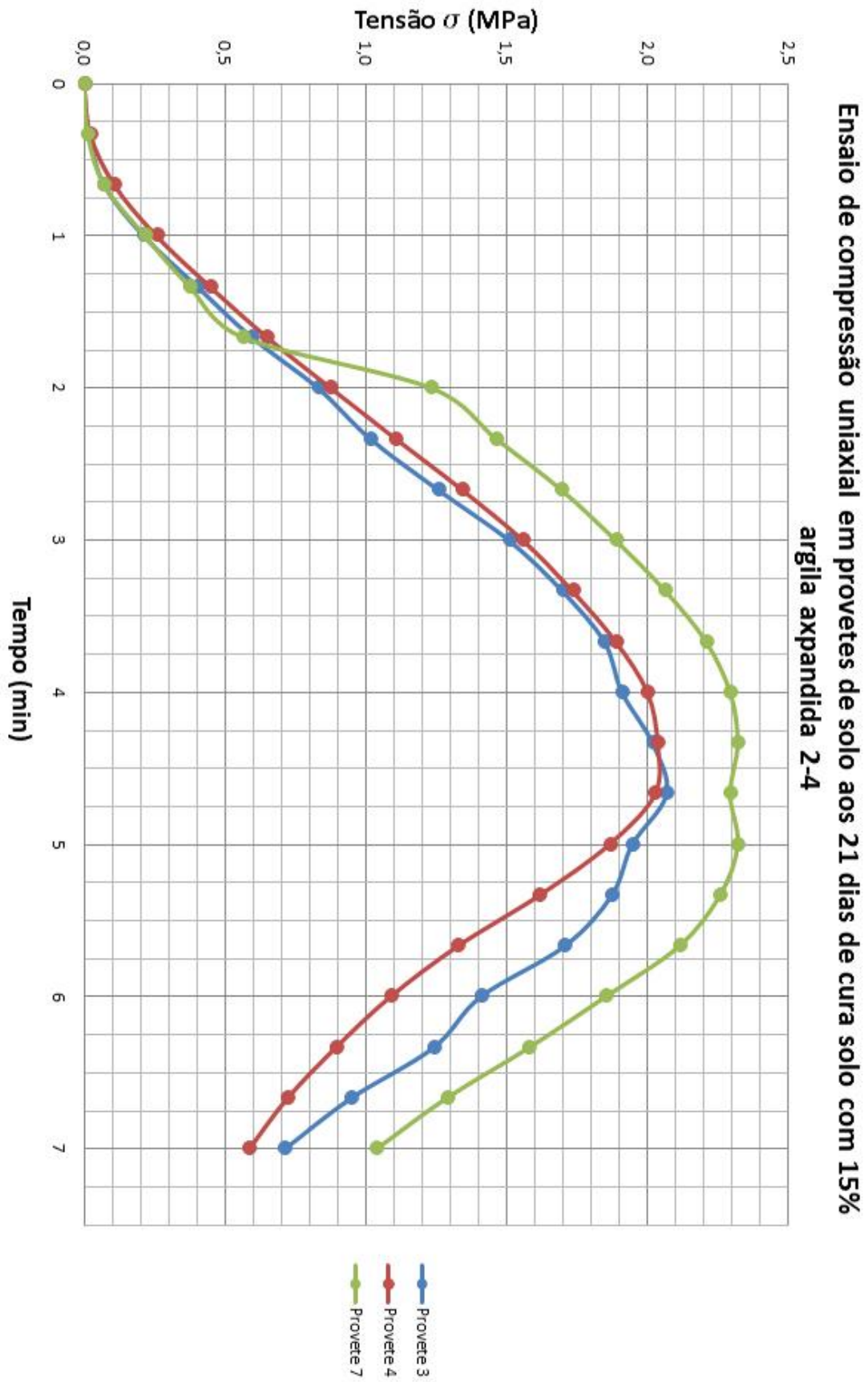


Figura 4.11 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% argila expandida 2-4

4.2.2.3. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 20% de argila expandida

Quadro 4.6- Tensões compressão uniaxial dos provetes com 20% de argila expandida 2-4

Provetes Solo com 20 % Argila 2-4			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 3	Provete 4	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,014	0,014
0,67	0,050	0,045	0,077
1,00	0,194	0,167	0,194
1,33	0,334	0,307	0,357
1,67	0,528	0,488	0,537
2,00	0,759	0,668	0,745
2,33	0,980	0,885	0,966
2,67	1,206	1,124	1,197
3,00	1,454	1,355	1,440
3,33	1,684	1,598	1,671
3,67	1,896	1,838	1,883
4,00	2,068	2,023	2,081
4,33	2,208	2,190	2,221
4,67	2,321	2,339	2,339
5,00	2,375	2,416	2,357
5,33	2,379	2,411	2,325
5,67	2,289	2,334	2,185
6,00	2,072	2,167	1,937
6,33	1,422	1,883	1,612
6,67	1,002	1,467	1,296
7,00	0,844	1,138	1,029

Com adição de mais 5% de argila expandida na mistura (perfazendo um total de 20%) o os provetes mantêm a sua resistência acima dos 2 MPa aos 21 dias de cura. Podemos concluir que o seu comportamento no que diz respeito à resistência à compressão não se alterou mesmo com o aumento da percentagem de argila expandida. No que se refere à resistência e tempo de rotura destes provetes mantêm próximos mesmo variando a percentagem de argila expandida como podemos observar em anexos nos quadros A3.7, A3.8 e A3.9. O seguinte gráfico (figura 4.12) resulta do quadro 4.5.

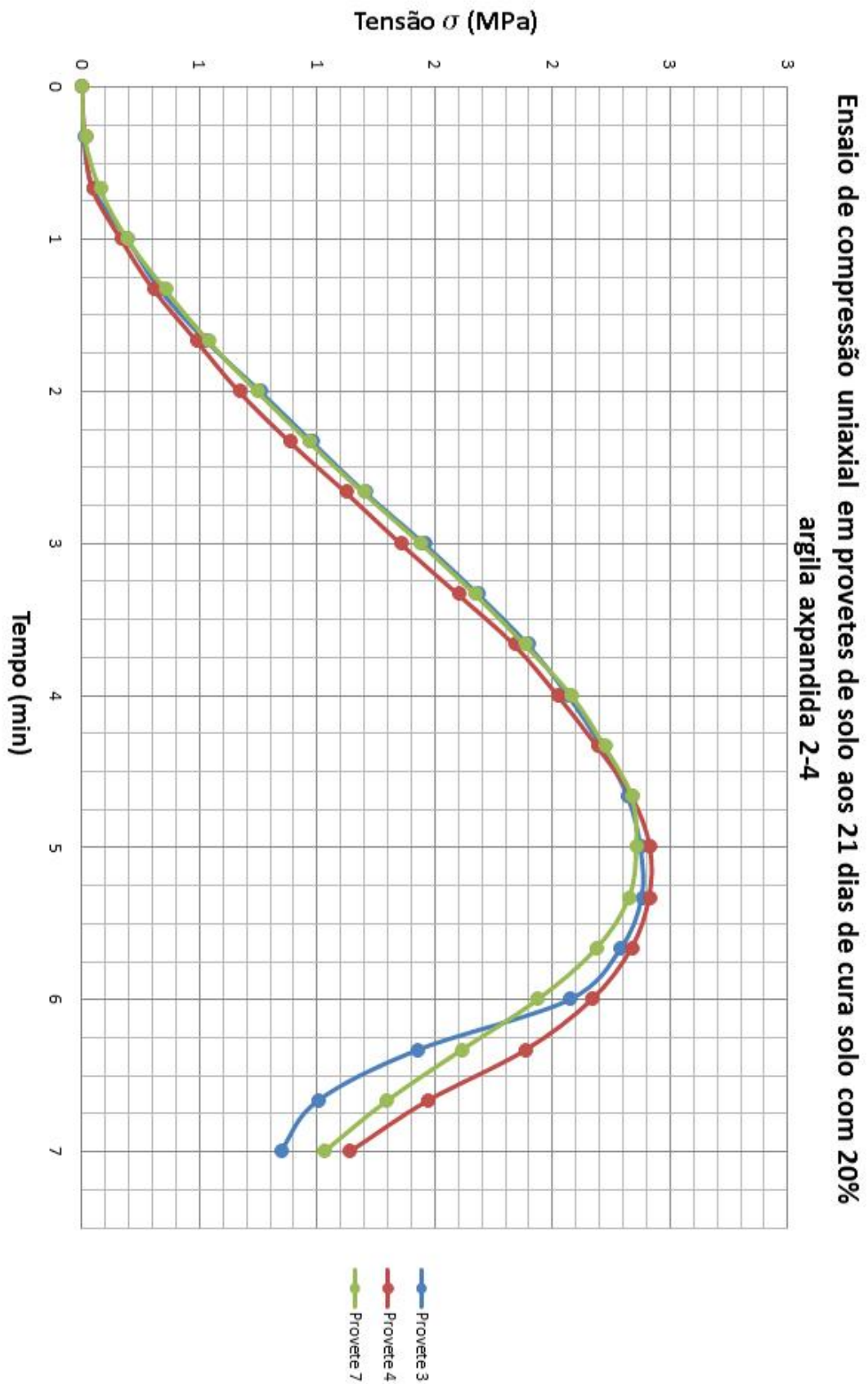


Figura 4.12 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% argila expandida 2-4

4.2.2.4. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 25% de argila expandida

Quadro 4.7- Tensões compressão uniaxial dos provetes com 25% de argila expandida 2-4

Provetes Solo com 25 % Argila 2-4			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 2	Provete 3	Provete 4
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,032	0,018
0,67	0,009	0,158	0,149
1,00	0,014	0,307	0,316
1,33	0,027	0,497	0,519
1,67	0,063	0,731	0,704
2,00	0,181	0,971	0,926
2,33	0,348	1,183	1,151
2,67	0,560	1,436	1,391
3,00	0,786	1,666	1,603
3,33	0,984	1,887	1,815
3,67	1,224	2,045	1,987
4,00	1,458	2,190	2,158
4,33	1,684	2,276	2,294
4,67	1,860	2,303	2,384
5,00	2,032	2,249	2,416
5,33	2,158	2,100	2,393
5,67	2,221	1,842	2,298
6,00	2,217	1,481	2,145
6,33	1,942	1,215	1,887
6,67	1,910	0,971	1,368
7,00	1,874	0,777	0,984

Nesta última série, de adição de argila expandida atingiu 25%. Os ensaios efetuados mostram que a resistência à compressão não se torna inferior a 2 MPa, mas por vezes até mostra melhor desempenho que os provetes só de solo (os ensaios mais detalhados encontram-se em anexo nos quadros A3.10, A3.11 e A3.12).

Por último, podemos observar no quadro A4.1 em anexo o resumo com as médias dos provetes de cada percentagem de adição de argila, bem como a média dos provetes de solo e constata-se na figura A4.1 em anexo (o gráfico tensão/tempo) que estes têm um bom comportamento quanto à resistência à compressão.

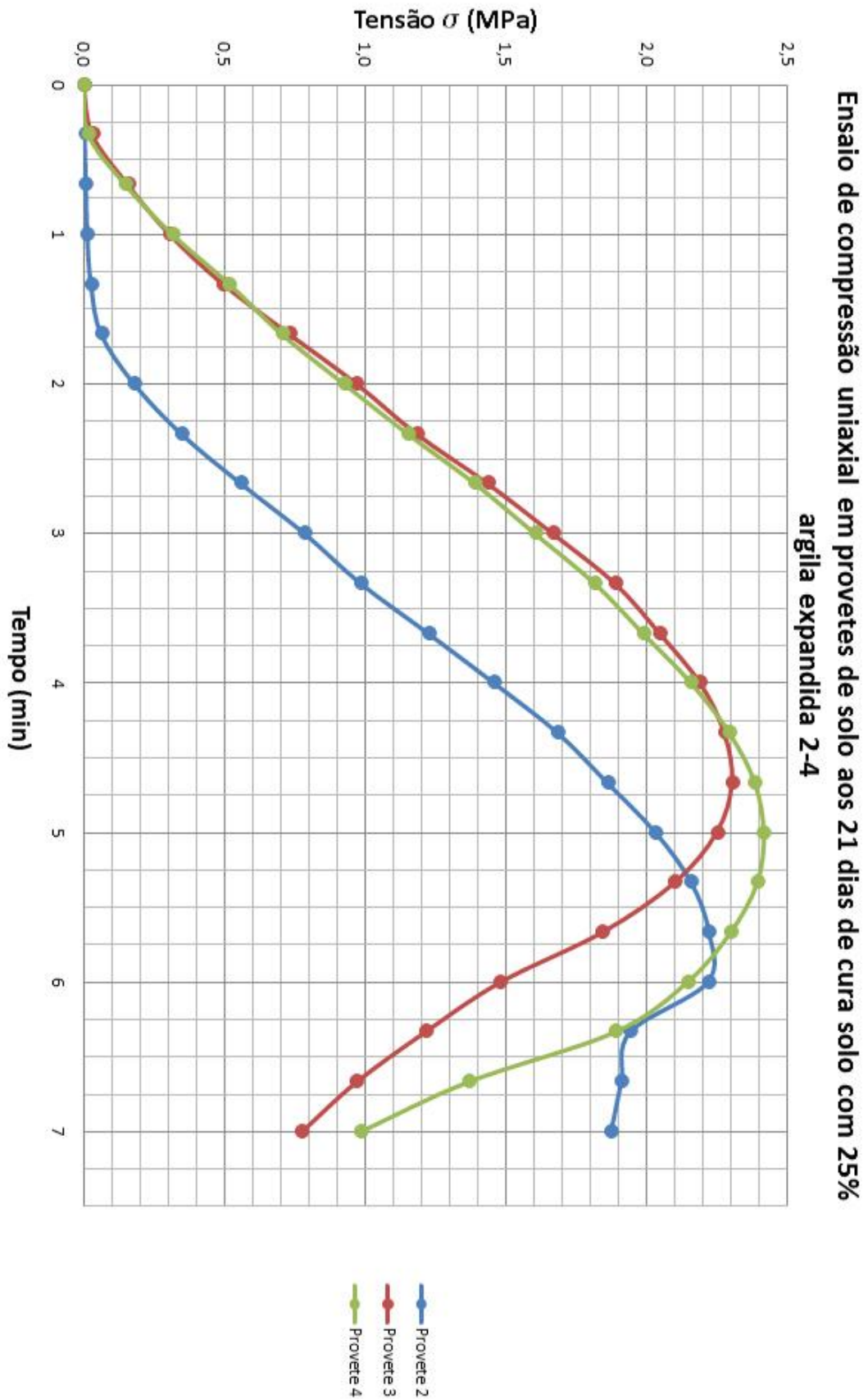


Figura 4.13 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% argila expandida 2-4

4.2.3. – Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 2-10

4.2.3.1. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 10% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.8- Resistência à compressão dos provetes de solo com 10% de granulado de cortiça 2-10

Provetes Solo com 10 % cortiça 2-10			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 3	Provete 4	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,009	0,009
0,67	0,014	0,045	0,018
1,00	0,027	0,181	0,032
1,33	0,126	0,361	0,045
1,67	0,226	0,488	0,054
2,00	0,384	0,668	0,081
2,33	0,542	0,835	0,135
2,67	0,713	0,993	0,203
3,00	0,908	1,156	0,325
3,33	1,038	1,355	0,461
3,67	1,255	1,467	0,587
4,00	1,400	1,625	0,790
4,33	1,625	1,770	0,993
4,67	1,716	1,860	1,151
5,00	1,815	1,942	1,332
5,33	2,054	1,987	1,490
5,67	2,122	2,018	1,625
6,00	2,190	2,068	1,770
6,33	2,190	1,987	1,874
6,67	2,158	1,942	1,946
7,00	2,023	1,797	1,996
7,33			1,978
7,67			1,874
8,00			1,716

No caso de mistura de 10% de granulado de cortiça 2-10 no solo, podemos ver que há uma ligeira diminuição da resistência à compressão e um aumento no tempo de rompimento do provete, isto poderá ser efeito da elasticidade que o próprio granulado de cortiça contém.

Podemos observar isto, tanto no quadro 4.8 quer em anexo nos quadros A5.1, A5.2 e A5.3, bem como se pode verificar na figura 4.14 seguinte, o gráfico da tensão/tempo. Mas também se pode dizer que mesmo assim a sua resistência ronda os 2MP, o referido pelos autores de Earth Buildind in Spain (Delgado & Guerrero, 2006) em que para taipa de alta resistência tem uns valores mais conservadores de 1,8 MPa sem estabilização.

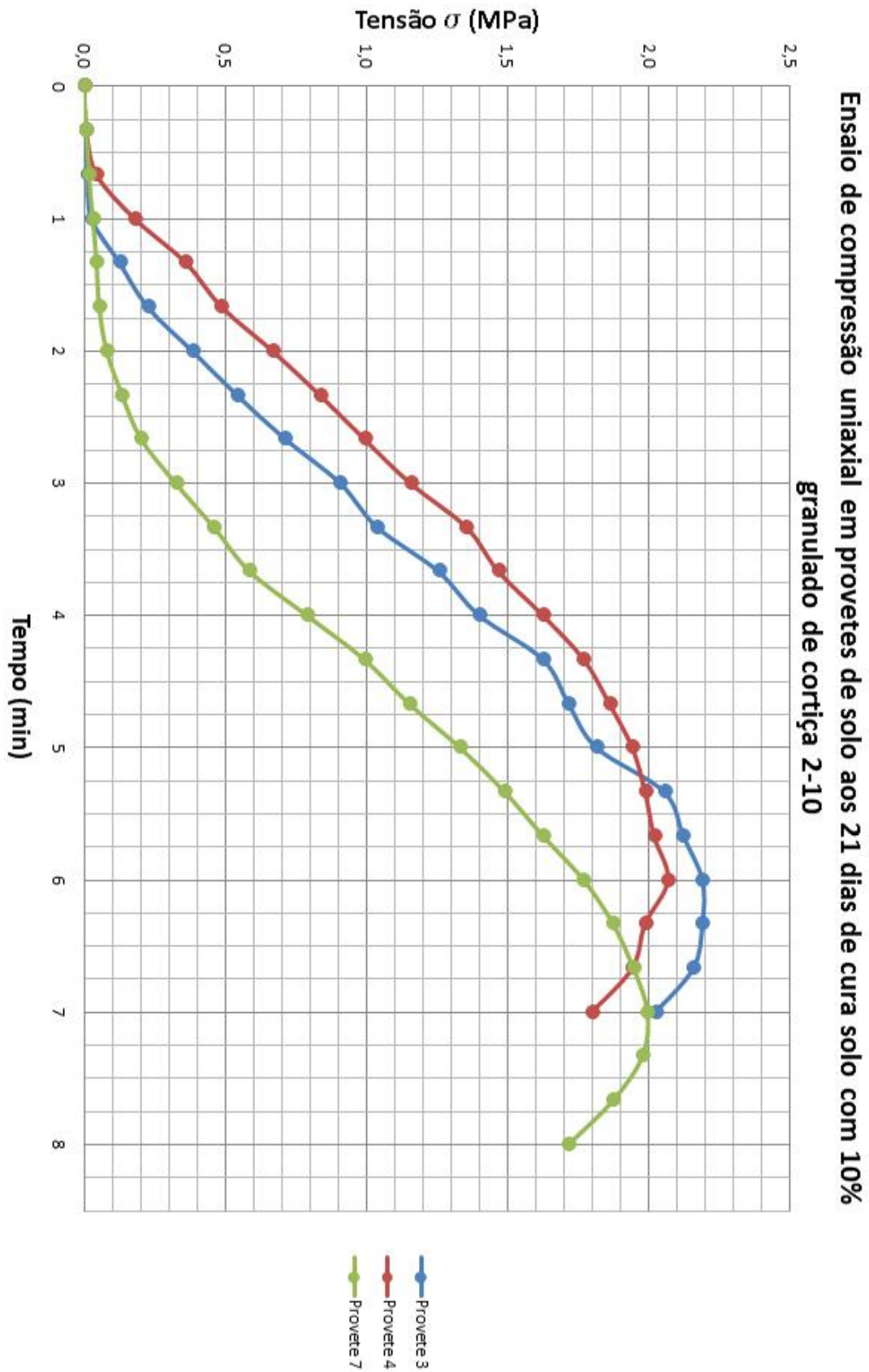


Figura 4.14- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% granulado de cortiça 2-10

4.2.3.2. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 15% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.9- Resistência à compressão dos provetes de solo com 15% de granulado de cortiça 2-10

Provetes Solo com 15 % Cortiça 2-10			
Ensaio aos 21 dias de Cura			
Tempo	Provete 1	Provete 5	Provete 6
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,009	0,009
0,67	0,023	0,063	0,036
1,00	0,054	0,135	0,086
1,33	0,108	0,226	0,144
1,67	0,199	0,361	0,239
2,00	0,312	0,442	0,384
2,33	0,447	0,587	0,465
2,67	0,601	0,722	0,587
3,00	0,750	0,867	0,731
3,33	0,899	1,029	0,885
3,67	1,057	1,151	1,002
4,00	1,210	1,296	1,129
4,33	1,373	1,422	1,246
4,67	1,449	1,513	1,309
5,00	1,549	1,571	1,364
5,33	1,603	1,625	1,377
5,67	1,657	1,639	1,364
6,00	1,576	1,603	1,350
6,33	1,467	1,526	1,309
6,67	1,377	1,445	1,260
7,00	1,237	1,355	1,151

No caso da mistura de 15% de granulado de cortiça 2-10 já podemos observar no quadro 4.9 resumo, que a sua resistência à compressão aos 21 dias de cura diminui significativamente a tensão de rompimento. Mas quanto aos limites mínimos de resistência à compressão segundo os autores de *Earth Buildind in Spain* (Delgado & Guerrero, 2006), o valor 1,8 MPa nestes ensaios à resistência não é atingido.

Pode-se observar com mais pormenor estes valores em anexo nos quadros A.5.4, A5.5 e A5.6 como também na figura 4.15 que apresenta o gráfico no qual podemos observar essencialmente um aumento do tempo de rompimento versus diminuição da tensão de rotura dos provetes.

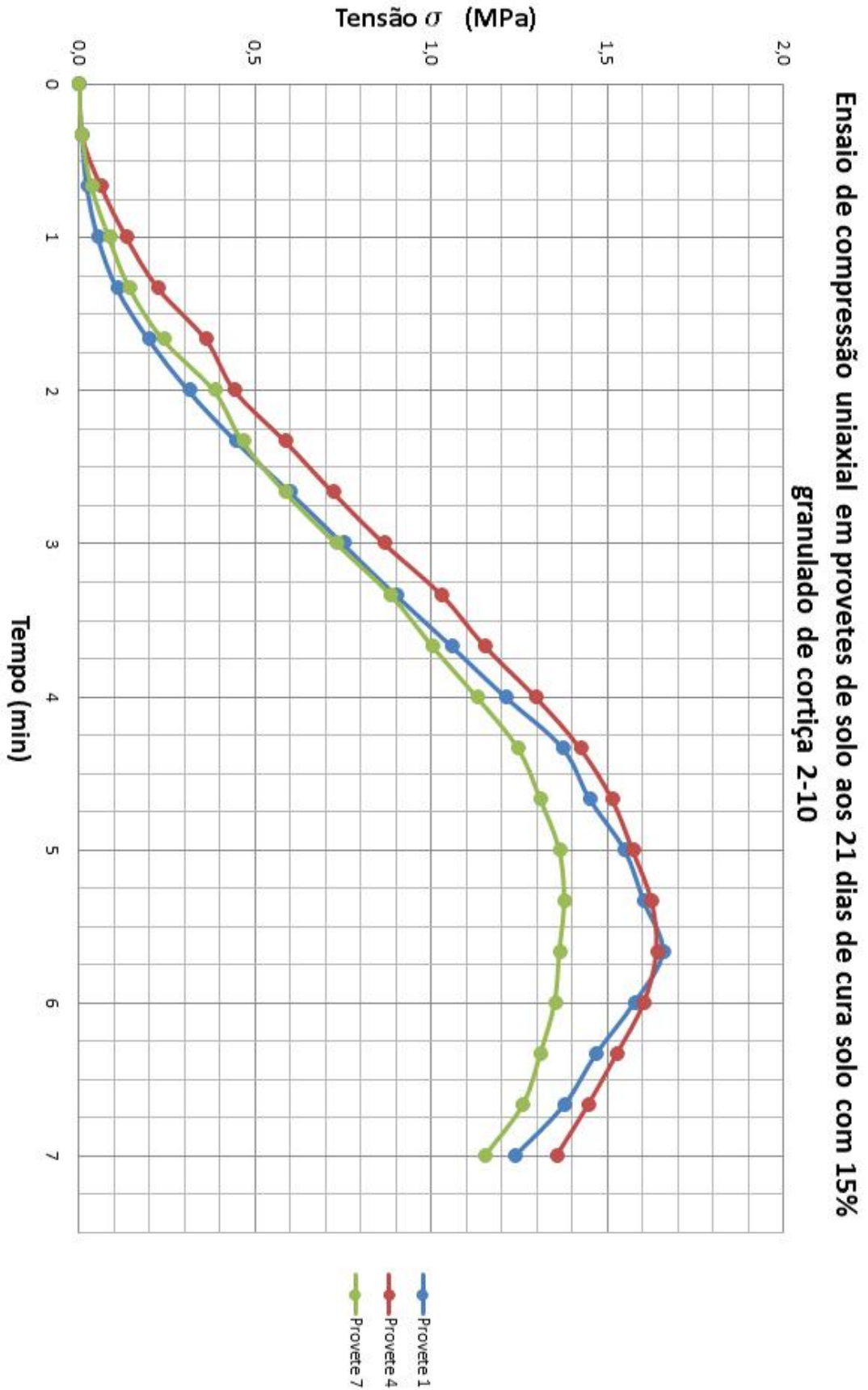


Figura 4.15- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% granulado de cortiça 2-10

4.2.3.3. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 20% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.10 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 20% de granulado de cortiça 2-10

Provetes Solo com 20 % Cortiça 2-10			
Ensaio aos 21 dias de Cura			
Tempo	Provete 2	Provete 5	Provete 6
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,005	0,005
0,67	0,032	0,018	0,005
1,00	0,059	0,032	0,009
1,33	0,081	0,054	0,014
1,67	0,126	0,104	0,018
2,00	0,181	0,158	0,023
2,33	0,253	0,235	0,027
2,67	0,343	0,298	0,041
3,00	0,438	0,397	0,054
3,33	0,578	0,506	0,072
3,67	0,632	0,641	0,090
4,00	0,718	0,759	0,113
4,33	0,804	0,867	0,163
4,67	0,867	0,971	0,203
5,00	0,912	1,070	0,271
5,33	0,930	1,151	0,339
5,67	0,935	1,210	0,420
6,00	0,926	1,251	0,497
6,33	0,917	1,269	0,587
6,67	0,894	1,273	0,632
7,00	0,876	1,264	0,677
7,33	0,853	1,206	0,713
7,67	0,822	1,165	0,722
8,00	0,795	1,124	0,731
8,33	0,777	1,066	0,722
8,67	0,750	0,998	0,700
9,00	0,727	0,926	0,677

No ensaio com 20 % de granulado de cortiça 2-10, verificamos que existe uma instabilidade tanto no tempo de rompimento do provete, como na capacidade de resistência à compressão, notando-se mesmo um aumento de má ligação entre o solo e o granulado de cortiça 2-10. Este efeito esta pode ser analisado pormenorizadamente nos quadros A5.7, A5.8 e A5.9 em anexos, assim como a figura 4.16 que apresenta o gráfico de tensão/tempo.

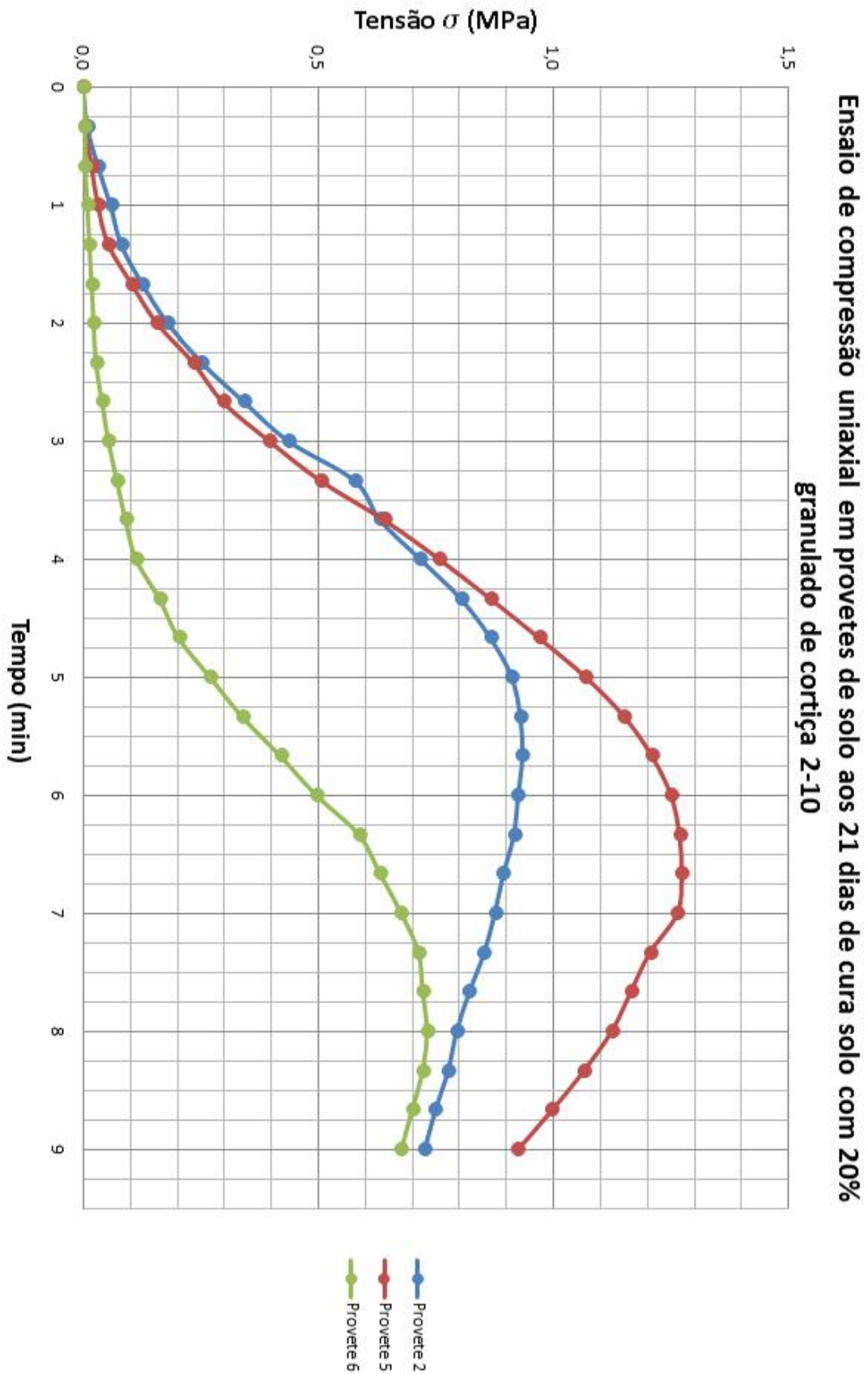


Figura 4.16- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura

4.2.3.4. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 25% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.11 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 25% de granulado de cortiça 2-10

Provetes Solo com 25 % Cortiça 2-10			
Ensaio aos 21 dias de Cura			
Tempo	Provete 2	Provete 3	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,005	0,005
0,67	0,009	0,014	0,014
1,00	0,018	0,027	0,018
1,33	0,023	0,041	0,023
1,67	0,032	0,063	0,041
2,00	0,045	0,081	0,050
2,33	0,059	0,113	0,072
2,67	0,081	0,158	0,090
3,00	0,113	0,212	0,113
3,33	0,144	0,280	0,158
3,67	0,194	0,352	0,194
4,00	0,253	0,442	0,217
4,33	0,321	0,533	0,262
4,67	0,384	0,610	0,339
5,00	0,461	0,713	0,406
5,33	0,524	0,790	0,542
5,67	0,582	0,835	0,677
6,00	0,641	0,880	0,768
6,33	0,668	0,894	0,813
6,67	0,695	0,899	0,844
7,00	0,713	0,885	0,876
7,33	0,718	0,867	0,880
7,67	0,718	0,853	0,876
8,00	0,709	0,826	0,867
8,33	0,700	0,817	0,849
8,67	0,695	0,804	0,831
9,00	0,673	0,745	0,813

Na série cuja adição de 25% de granulado de cortiça 2-10 no solo, nota-se um enfraquecimento dos provetes em termos de resistência, e à compressão uniaxial sendo que o tempo de rompimento aumenta em relação à média do tempo de rompimento nos provetes anteriores. Neste caso até a resistência média passa a uma resistência fraca (Delgado & Guerrero, 2006).

Neste caso podemos visualizar mais a pormenor no quadro resumo A.6.1 do qual resulta a figura A6.1 o gráfico de comparação da média das resistências entre o solo original e as várias percentagens do regranulado de cortiça expandida 2-10.

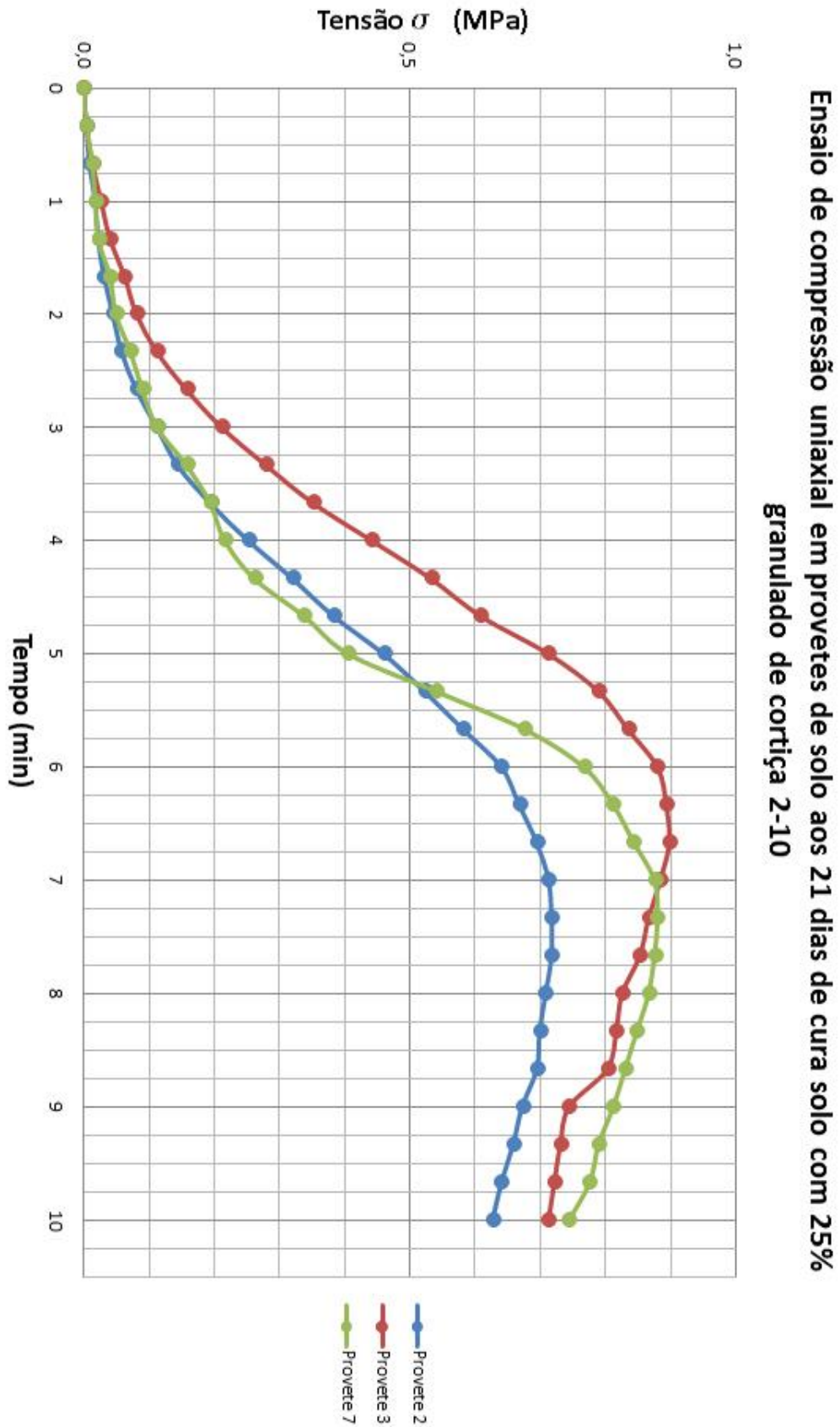


Figura 4.17- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura

4.2.4. - Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 3-5

4.2.4.1. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 10% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.12- Resistência à compressão dos provetes de solo com 10% de granulado de cortiça 3-5

Provetes Solo com 10 % Cortiça 3-5			
Ensaio aos 21 dias de Cura			
Tempo	Provete 1	Provete 4	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,050	0,018	0,045
0,67	0,140	0,045	0,149
1,00	0,293	0,104	0,266
1,33	0,406	0,194	0,384
1,67	0,542	0,339	0,510
2,00	0,686	0,474	0,655
2,33	0,835	0,601	0,826
2,67	0,980	0,772	0,921
3,00	1,124	0,912	1,066
3,33	1,382	1,084	1,197
3,67	1,499	1,228	1,327
4,00	1,580	1,377	1,445
4,33	1,662	1,495	1,526
4,67	1,702	1,594	1,598
5,00	1,716	1,680	1,644
5,33	1,716	1,729	1,644
5,67	1,702	1,761	1,630
6,00	1,666	1,774	1,553
6,33	1,612	1,770	1,522
6,67	1,531	1,738	1,449
7,00	1,436	1,684	1,359

A adição de granulado de cortiça 3-5, nota-se que nos 10% de adição ao solo o seu comportamento mecânico diminui e existe um ligeiro aumento no tempo de rompimento em comparação à mesma percentagem de granulado 2-10. No que diz respeito à sua resistência ainda se encontra perto duma resistência alta (ver em anexo quadros A7.1, A7.2 e A7.3, mais pormenorizados) (Delgado & Guerrero, 2006).

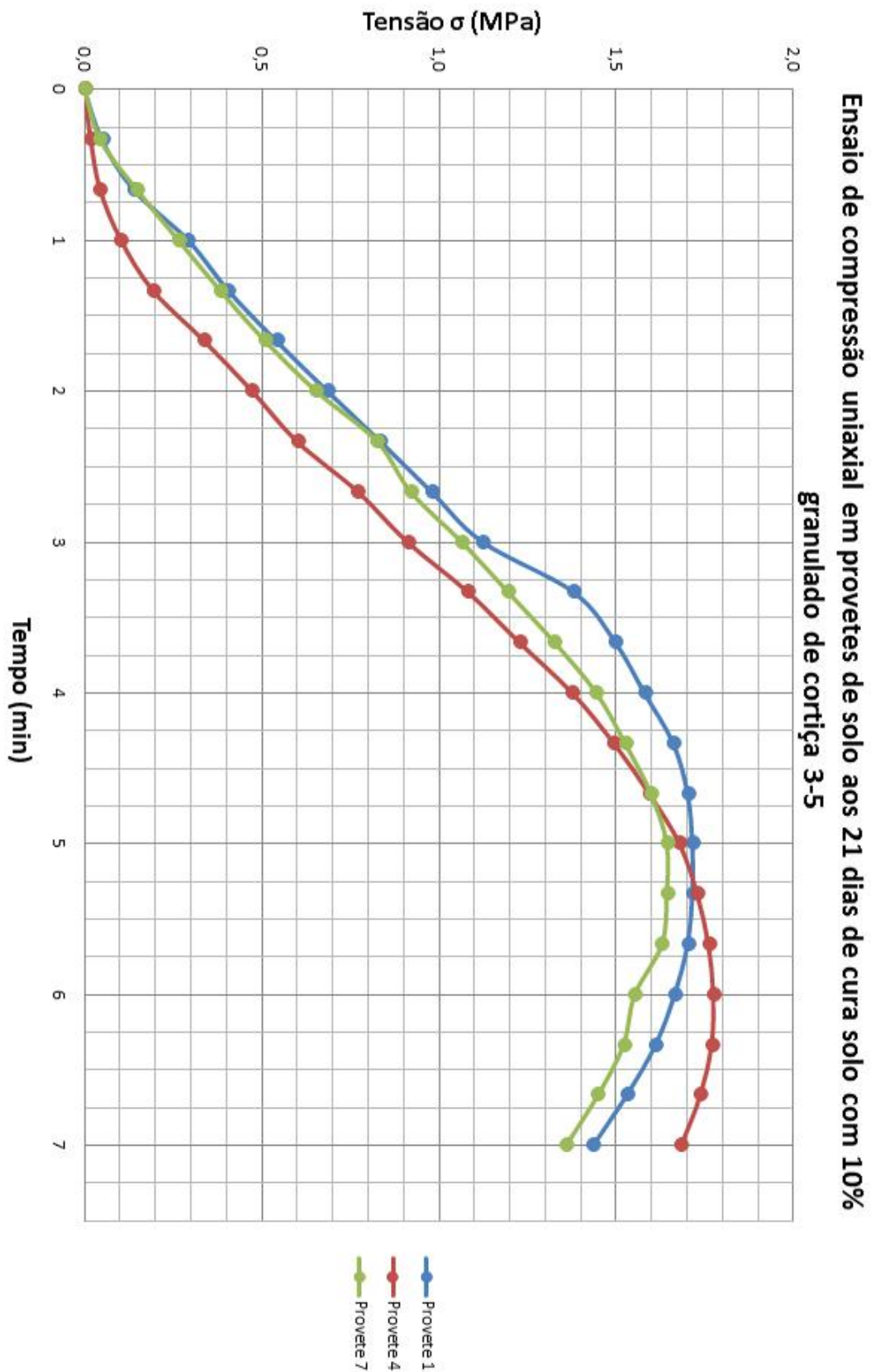


Figura 4.18- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

4.2.4.2. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 15% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.13 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 15% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 15% cortiça 3-5			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 1	Provete 4	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,050	0,018	0,045
0,67	0,140	0,045	0,149
1,00	0,293	0,104	0,266
1,33	0,406	0,194	0,384
1,67	0,542	0,339	0,510
2,00	0,686	0,474	0,655
2,33	0,835	0,601	0,826
2,67	0,980	0,772	0,921
3,00	1,124	0,912	1,066
3,33	1,382	1,084	1,197
3,67	1,499	1,228	1,327
4,00	1,580	1,377	1,445
4,33	1,662	1,495	1,526
4,67	1,702	1,594	1,598
5,00	1,716	1,680	1,644
5,33	1,716	1,729	1,644
5,67	1,702	1,761	1,630
6,00	1,666	1,774	1,553
6,33	1,612	1,770	1,522
6,67	1,531	1,738	1,449
7,00	1,436	1,684	1,359

O aumento de mais 5 % de granulado de cortiça no solo não veio alterar quase nada o seu comportamento mecânico (tempo e tensão rompimento). Os valores andam muito próximos da série dos 3 provetes anteriores com 10% de granulado de cortiça no solo. Não havendo assim nada a referenciar, a não ser mais tarde nos ensaios térmicos. Mas para uma melhor percepção dos resultados há que visualizar em anexo os quadros A7.4, A7.5 e A7.6, assim como a quadro 4.13 do qual resultou o gráfico representativo dos ensaios tensão/tempo dos 3 provetes que se encontram na figura 4.19.

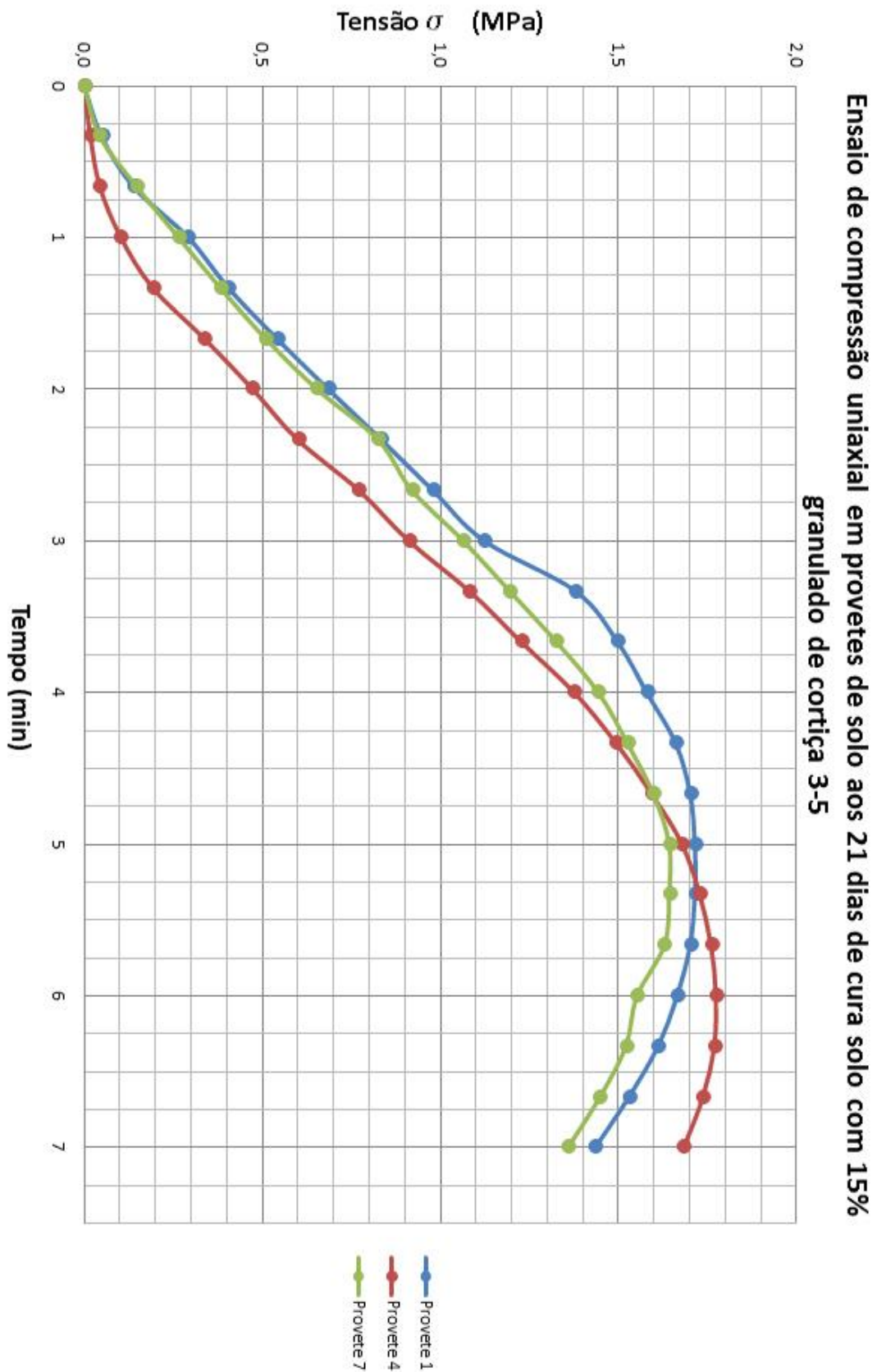


Figura 4.19- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

4.2.4.3. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 20% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.14 - Resistência à compressão dos provetes de solo com 20% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 20% cortiça 3-5			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 1	Provete 2	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,005	0,009
0,67	0,009	0,009	0,018
1,00	0,018	0,014	0,032
1,33	0,023	0,018	0,050
1,67	0,036	0,023	0,095
2,00	0,059	0,032	0,144
2,33	0,072	0,045	0,208
2,67	0,104	0,063	0,293
3,00	0,135	0,090	0,370
3,33	0,185	0,117	0,488
3,67	0,253	0,158	0,564
4,00	0,321	0,203	0,655
4,33	0,438	0,266	0,745
4,67	0,488	0,339	0,840
5,00	0,578	0,429	0,917
5,33	0,668	0,519	0,962
5,67	0,736	0,610	0,989
6,00	0,795	0,718	1,002
6,33	0,844	0,772	1,007
6,67	0,876	0,835	0,993
7,00	0,889	0,867	0,962
7,33	0,889	0,880	0,930
7,67	0,885	0,876	0,912
8,00	0,862	0,862	0,889

Nesta série de três ensaios de resistência à compressão, em que a percentagem de granulado de cortiça 3-5 adicionado ao solo é de 20%, nota-se um aumento do tempo e uma diminuição para sensivelmente metade da resistência à compressão simples. Onde podemos observar melhor em anexo os quadros A7.7, A7.8 e A7.9, na figura 4.20 visualizamos o gráfico em que representa o diagrama da tensão/tempo dos 3 provetes.

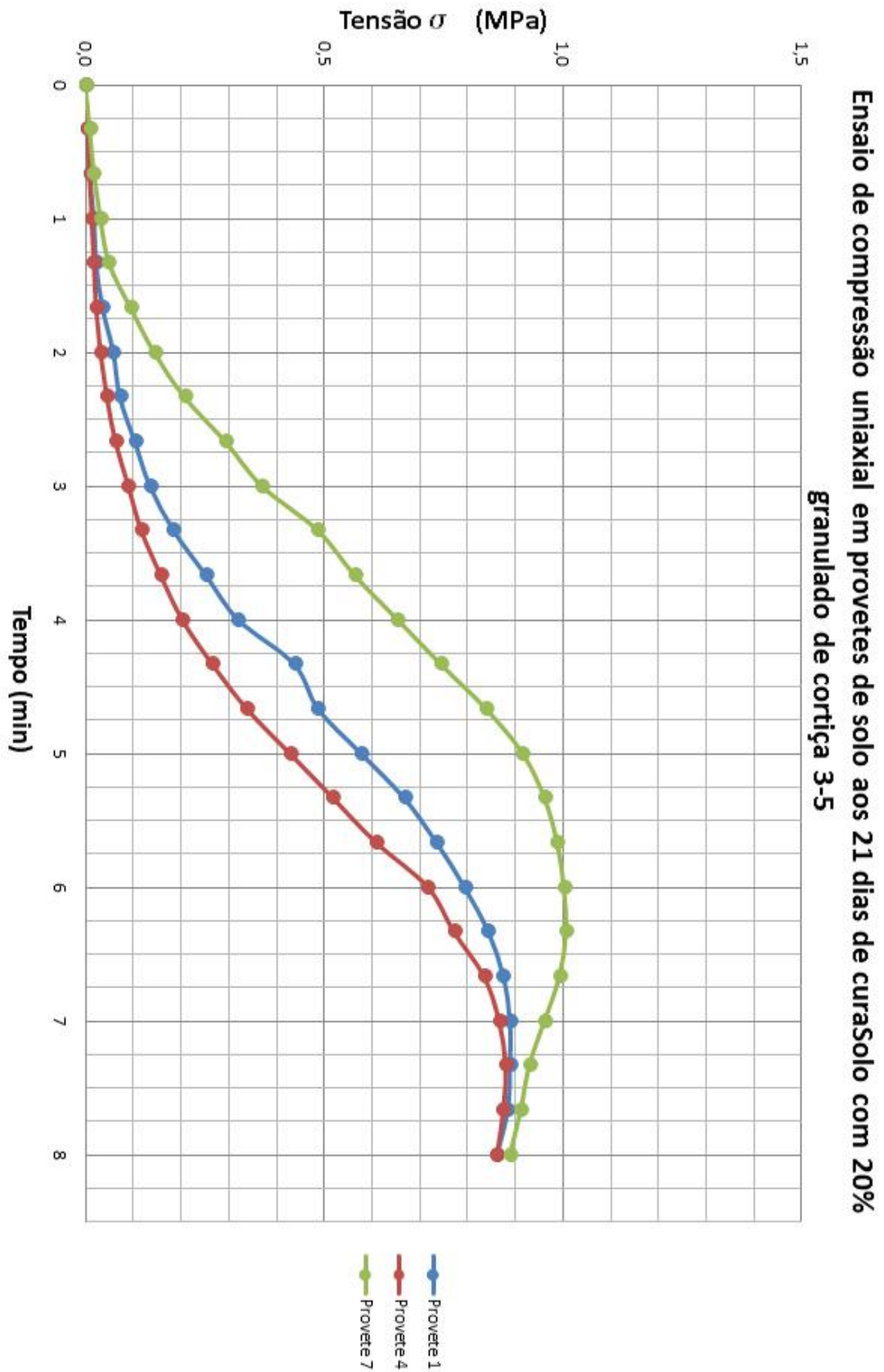


Figura 4.20- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

4.2.3.4. - Ensaio de compressão uniaxial em provetes de solo com 25% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.15- Resistência à compressão dos provetes de solo com 25% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 25% cortiça 3-5			
Ensaio aos 21 dias de cura			
Tempo	Provete 2	Provete 3	Provete 7
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,005	0,000
0,67	0,014	0,005	0,005
1,00	0,018	0,009	0,005
1,33	0,027	0,018	0,009
1,67	0,036	0,018	0,009
2,00	0,054	0,023	0,014
2,33	0,072	0,032	0,023
2,67	0,090	0,041	0,027
3,00	0,126	0,050	0,036
3,33	0,167	0,059	0,045
3,67	0,217	0,081	0,059
4,00	0,280	0,104	0,072
4,33	0,393	0,140	0,154
4,67	0,420	0,176	0,199
5,00	0,488	0,226	0,235
5,33	0,542	0,280	0,275
5,67	0,591	0,357	0,361
6,00	0,628	0,420	0,402
6,33	0,646	0,488	0,429
6,67	0,655	0,542	0,452
7,00	0,659	0,591	0,470
7,33	0,659	0,619	0,479
7,67	0,655	0,637	0,488
8,00	0,650	0,641	0,488
8,33	0,641	0,641	0,488
8,67	0,632	0,637	0,492
9,00	0,623	0,632	0,488

Com adição de 25% de granulado de cortiça, confirma-se, uma vez mais, que a partir de 15% de granulometria 2-10 e 3-5, a resistência dos provete à compressão é baixa e deixa de se atingir os 1,8 MPa (Delgado & Guerrero, 2006). Pode-se visualizar com maior rigor nos quadros A7.10, A7.11 e A7.12, por fim na figura 4.21 temos o gráfico que mostra o comportamento dos vários provetes. Neste caso podemos visualizar mais a pormenor no quadro resumo A.8.1 do qual resulta a figura A8.1 o gráfico de comparação da média das resistências entre o solo original e as várias percentagens do regranulado de cortiça expandida 2-10.

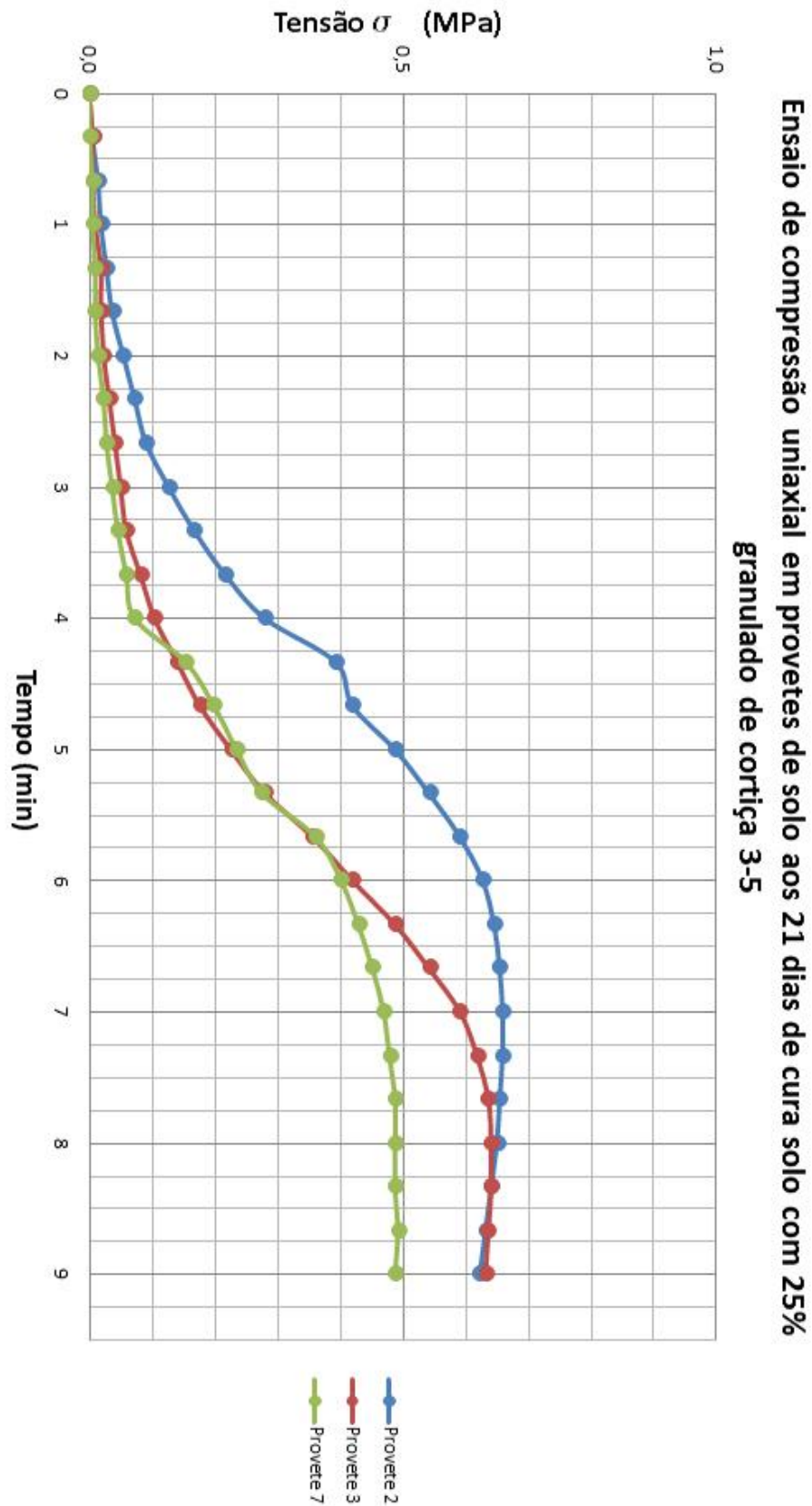


Figura 4.21- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

4.2.5. – Interpretação dos ensaios à compressão com 21 dias de secagem

Dos resultados de todos os ensaios de resistência à compressão para 3 provetes de cada percentagem, entre 10% e 25%, do três tipos de componentes com o objectivo de melhorar o coeficiente de transmissão térmica, podemos concluir que no caso da argila o seu comportamento de resistência à compressão não se altera muito, melhorando em alguns casos comparativamente aos provetes de solo conforme se pode visualizar no gráfico comparativo de tensão/tempo de argila e solo (figura A4.1).

No que diz respeito aos provetes com granulado de cortiça, nota-se que quando passamos da percentagem de 15% para 20% e 25% (conforme se pode visualizar na figura A6.1 em anexo) a sua resistência à compressão cai significativamente, e dá-se um aumento do tempo em que o provete cede à rotura. Podemos assim concluir que devido ao aumento as percentagens de granulado de cortiça, este fornece elasticidade aos provetes fazendo assim aumentar o tempo de rotura, passando a ter uma tensão baixa à resistência. A tensão diminui sensivelmente para metade em ambos os casos da granulometria do granulado de cortiça. Neste caso, mesmo sem sabermos o comportamento térmico destes provetes, só pela resistência à compressão apresentada, o mais certo é desprezar-se estas duas percentagens de 20% e 25% de granulado de cortiça atendendo à falta de resistência.

Aos 28 dias, após a realização dos ensaios térmicos poder-se-ão realizar os ensaios de resistência à compressão nestes caso a mais de 28 dias nos restantes provetes libertados das leituras térmicas. Aí podemos concluir se as percentagens de 20 e 25% de adição de granulado de cortiça se confirmam a tendência de uma resistência à compressão em solo não confinado para taipa (Delgado & Guerrero, 2006).

4.3. – Ensaio de compressão uniaxial depois dos 28 dias

Os provetes utilizados neste ensaio são os mesmos que foram submetidos aos ensaios térmicos, visto a humidade existente ser residual, como podemos visualizar mais à frente.

4.3.1. – Provetes de solo com mais de 28 dias de secagem

Quadro 4.16 – Ensaio de compressão em provetes de solo original

Provetes 100 % original				
Ensaio a mais 28 dias de cura				
Tempo	Provete 4	Provete 5	Provete 2	Provete 6
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,018	0,050	0,086	0,135
0,67	0,131	0,230	0,307	0,271
1,00	0,303	0,393	0,515	0,452
1,33	0,461	0,533	0,673	0,668
1,67	0,655	0,704	0,844	0,822
2,00	0,835	0,862	1,038	1,061
2,33	1,016	1,029	1,224	1,264
2,67	1,183	1,197	1,404	1,445
3,00	1,364	1,364	1,598	1,634
3,33	1,544	1,526	1,779	1,851
3,67	1,725	1,680	1,960	2,054
4,00	1,883	1,824	2,122	2,258
4,33	2,041	1,960	2,280	2,438
4,67	2,185	2,068	2,443	2,578
5,00	2,312	2,163	2,569	2,732
5,33	2,420	2,235	2,673	2,867
5,67	2,506	2,276	2,732	2,980
6,00	2,569	2,276	2,718	3,003
6,33	2,614	2,244	2,673	2,985
6,67	2,619	2,199	2,574	2,971
7,00	2,578	2,077	2,361	2,759

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A9.1, A9.2, A9.3 e A9.4, assim figura 4.22 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

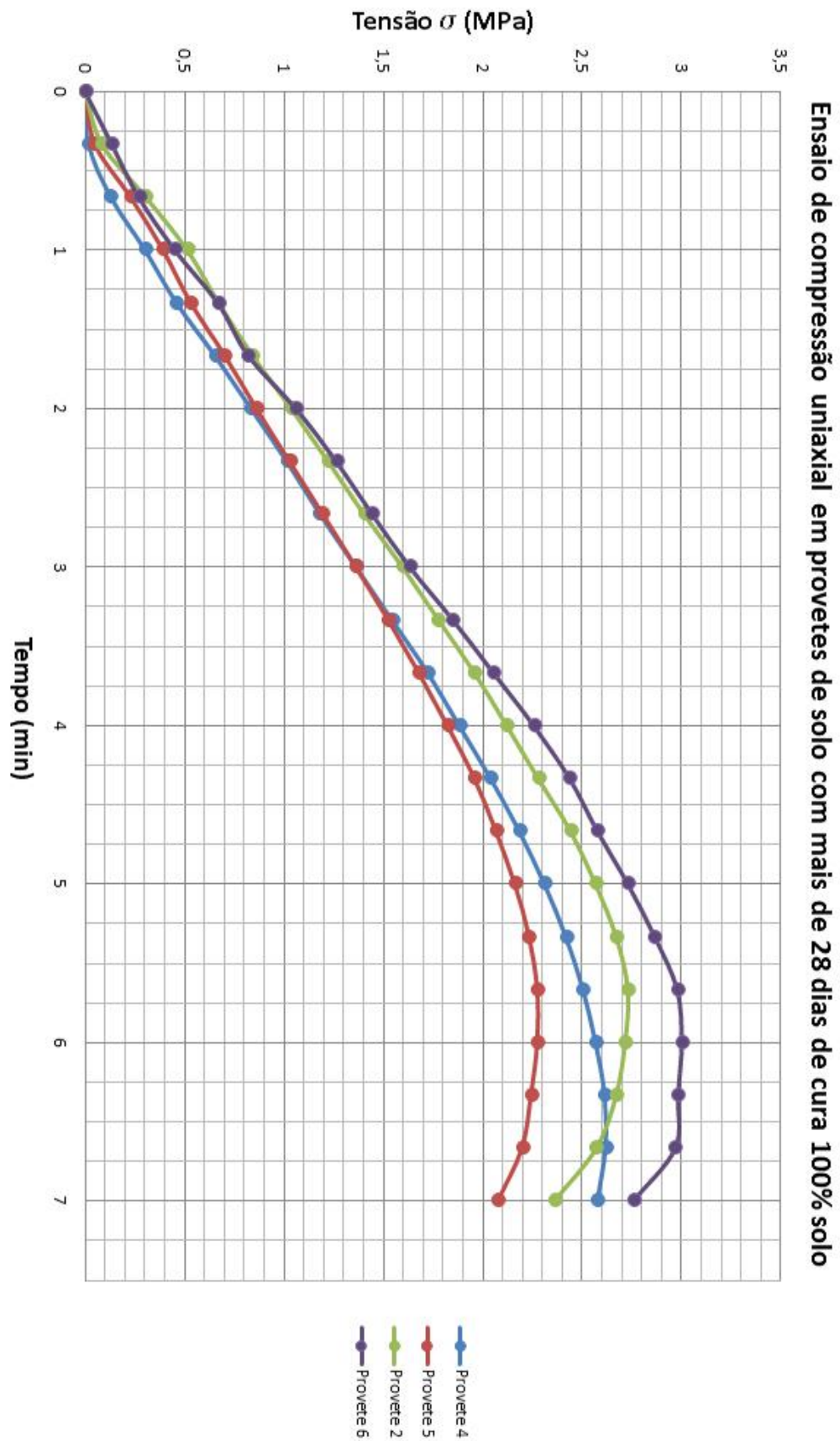


Figura 4.22- Gráfico dos ensaios em provetes 100% solo com mais de 28 dias de cura

4.3.2. - Provetes de solo com mistura de argila expandida 2-4

4.3.2.1. - Provetes de solo com mistura de solo com 10% de argila expandida 2-4

Quadro 4.17 – Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 10% de argila expandida 2-4

Provetes solo com 10% argila 2-4				
Ensaio a mais 28 dias de cura				
Tempo	Provete 2	Provete 3	Provete 6	Provete 5
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,135	0,122	0,005	0,005
0,67	0,312	0,253	0,014	0,041
1,00	0,474	0,465	0,045	0,203
1,33	0,677	0,655	0,135	0,415
1,67	0,858	0,858	0,275	0,673
2,00	1,088	1,070	0,433	0,889
2,33	1,346	1,282	0,619	1,102
2,67	1,553	1,508	0,808	1,332
3,00	1,829	1,738	0,998	1,567
3,33	2,086	1,991	1,206	1,824
3,67	2,312	2,181	1,418	2,054
4,00	2,547	2,393	1,675	2,276
4,33	2,777	2,601	1,851	2,497
4,67	2,944	2,799	2,036	2,709
5,00	3,115	2,985	2,276	2,894
5,33	3,210	3,152	2,447	3,048
5,67	3,251	3,264	2,596	3,156
6,00	3,219	3,355	2,727	3,197
6,33	3,052	3,395	2,817	3,161
6,67	2,646	3,373	2,840	3,025
7,00	2,050	3,219	2,750	2,799

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A10.1, A10.2, A10.3 e A10.4, assim figura 4.23 mostra o gráfico tensão tempo dos quatro ensaios.

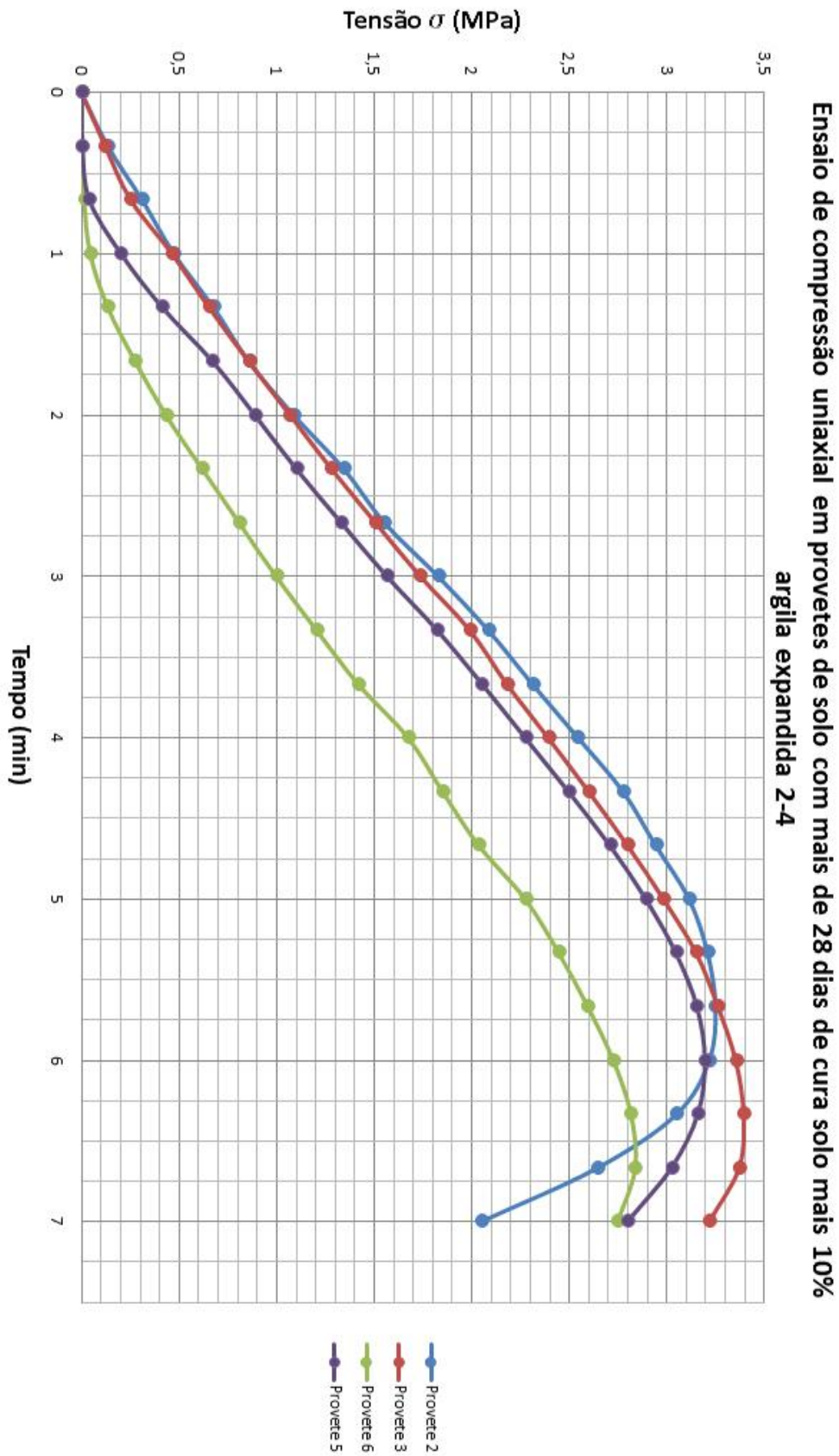


Figura 4.23 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 10% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

4.3.2.2. - Provetes de solo com mistura de solo com 15% de argila expandida 2-4

Quadro 4.18 - Ensaios de compressão em provetes de mistura de solo com 15% de argila expandida 2-4

Provetes solo com 15% argila 2-4				
Ensaio a mais de 28 dias de cura				
Tempo	Provete 5	Provete 1	Provete 2	Provete 6
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,014	0,023	0,014
0,67	0,045	0,108	0,068	0,036
1,00	0,144	0,289	0,158	0,068
1,33	0,307	0,497	0,271	0,126
1,67	0,524	0,740	0,474	0,280
2,00	0,759	0,971	0,700	0,429
2,33	1,016	1,206	0,926	0,610
2,67	1,255	1,463	1,174	0,858
3,00	1,490	1,806	1,400	1,102
3,33	1,783	1,955	1,580	1,323
3,67	2,009	2,212	1,671	1,535
4,00	2,212	2,438	1,896	1,783
4,33	2,452	2,709	2,167	2,009
4,67	2,623	2,858	2,416	2,167
5,00	2,768	3,034	2,641	2,370
5,33	2,917	3,161	2,867	2,528
5,67	2,890	3,201	3,070	2,619
6,00	2,863	3,106	3,228	2,668
6,33	2,781	2,930	3,206	2,637
6,67	2,641	2,768	2,867	2,610
7,00	1,996	2,610	2,438	2,492

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A10.5, A10.6, A10.7 e A10.8, assim como a figura 4.24 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

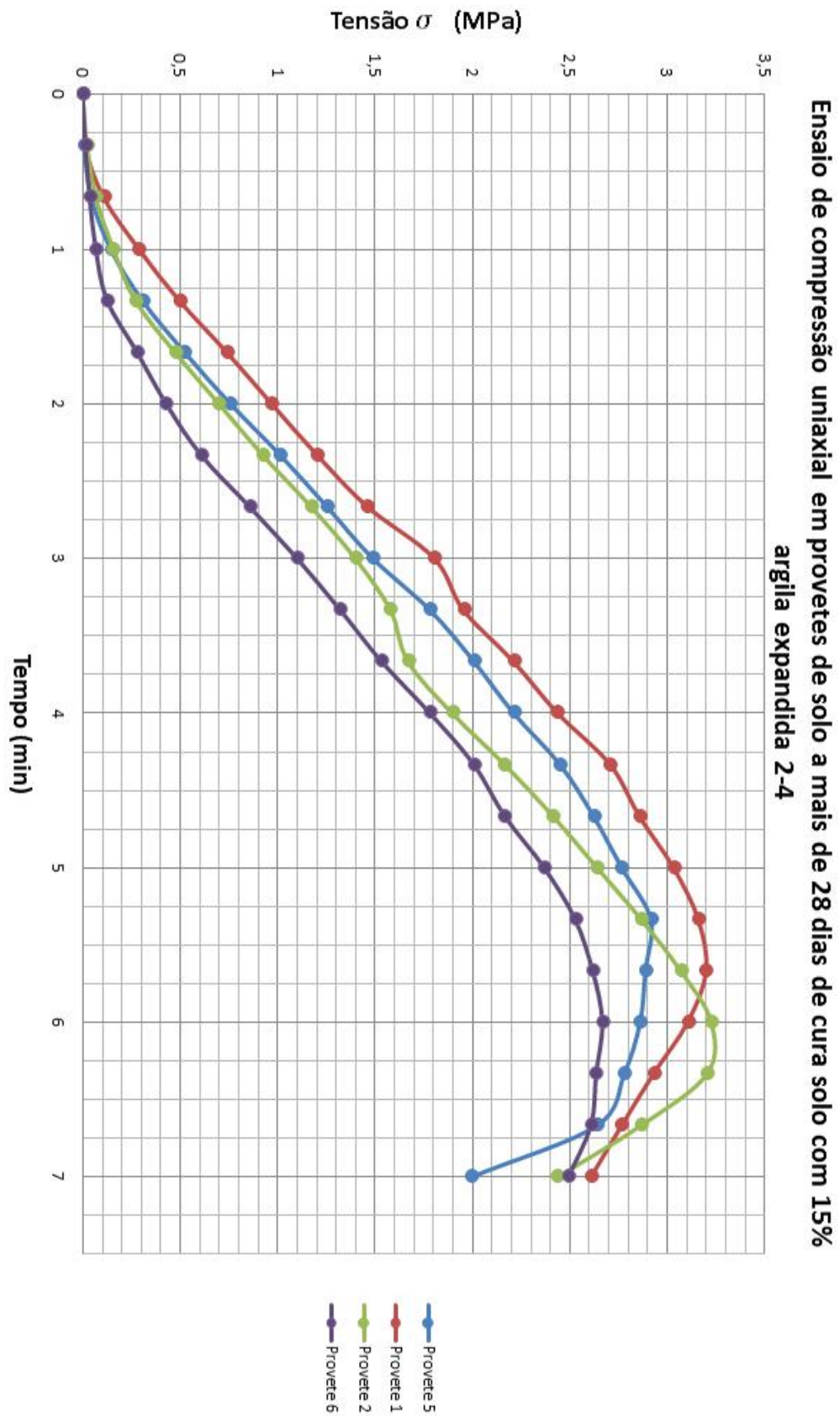


Figura 4.24 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 15% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

4.3.2.3. - Provetes de solo com mistura de solo com 20% de argila expandida 2-4

Quadro 4.19- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 20% de argila expandida 2-4

Provetes solo com 20% argila 2-4				
Ensaio a mais 28 dias de cura				
Tempo	Provete 5	Provete 6	Provete 2	Provete 1
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,014	0,005	0,005
0,67	0,014	0,090	0,009	0,023
1,00	0,036	0,248	0,018	0,059
1,33	0,104	0,442	0,032	0,131
1,67	0,235	0,668	0,059	0,293
2,00	0,424	0,917	0,135	0,488
2,33	0,632	1,129	0,271	0,686
2,67	0,858	1,395	0,447	0,894
3,00	1,106	1,634	0,646	1,115
3,33	1,309	1,820	0,853	1,346
3,67	1,558	2,077	1,084	1,589
4,00	1,797	2,294	1,318	1,847
4,33	2,045	2,528	1,562	2,063
4,67	2,276	2,709	1,806	2,289
5,00	2,510	2,885	2,032	2,533
5,33	2,709	3,016	2,285	2,723
5,67	2,930	3,111	2,501	2,885
6,00	3,102	3,124	2,718	3,021
6,33	3,273	2,980	2,885	3,138
6,67	3,183	2,790	3,066	3,179
7,00	3,025	2,425	3,016	3,111

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A10.9, A10.10, A10.11 e A10.12, assim como a figura 4.25 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

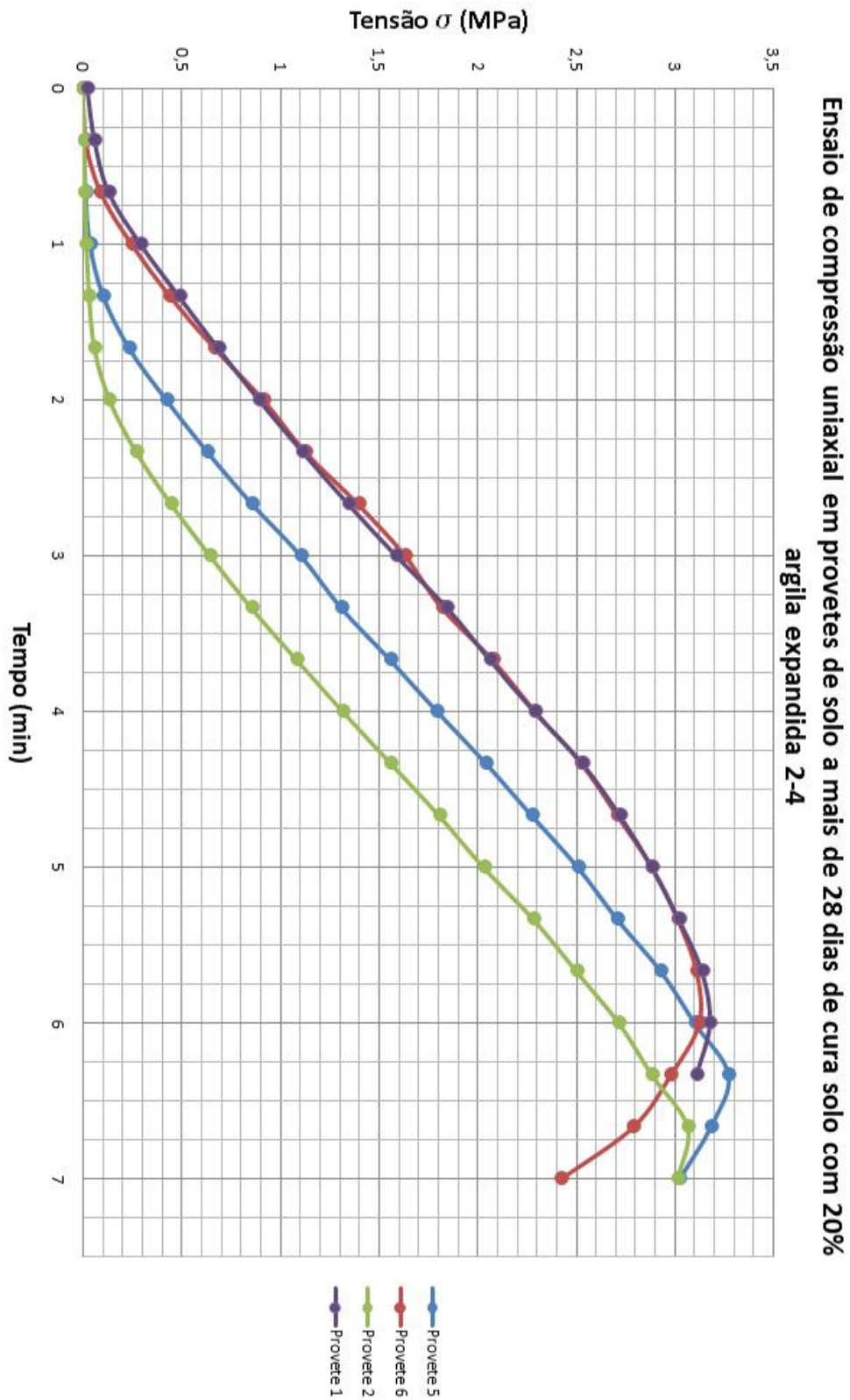


Figura 4.25 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 20% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

4.3.2.4. - Provetes de solo com mistura de solo com 25% de argila expandida 2-4

Quadro 4.20- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 25% de argila expandida 2-4

Provetes solo com 25% argila 2-4				
Ensaio aos 28 dias de cura				
Tempo	Provete 7	Provete 1	Provete 5	Provete 6
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,018	0,014	0,054	0,018
0,67	0,036	0,059	0,203	0,036
1,00	0,158	0,203	0,393	0,190
1,33	0,208	0,452	0,632	0,361
1,67	0,330	0,619	0,871	0,506
2,00	0,515	0,844	1,079	0,700
2,33	0,700	1,084	1,327	0,917
2,67	0,903	1,327	1,576	1,174
3,00	1,133	1,580	1,829	1,400
3,33	1,341	1,815	2,100	1,625
3,67	1,549	2,063	2,303	1,874
4,00	1,747	2,294	2,479	2,036
4,33	1,919	2,528	2,628	2,181
4,67	2,050	2,700	2,745	2,325
5,00	2,145	2,885	2,808	2,384
5,33	2,203	2,994	2,777	2,416
5,67	2,185	3,061	2,583	2,393
6,00	2,041	3,016	2,235	2,312
6,33	1,851	2,799	1,919	2,172
6,67	1,675	2,551	1,576	1,851
7,00	1,495	2,091	1,174	1,467

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A10.13, A10.14, A10.15 e A10.16, assim como a figura 4.26 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

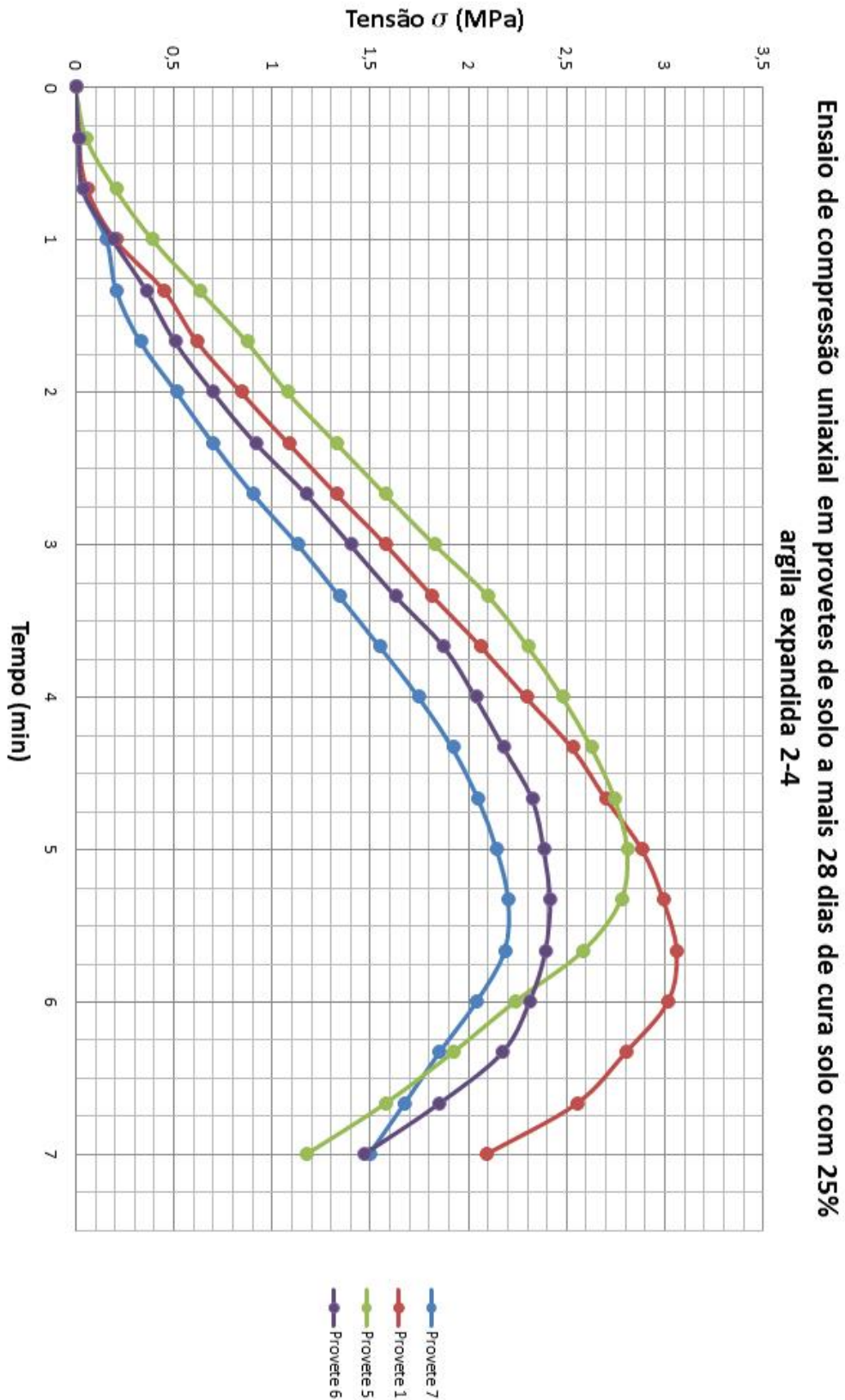


Figura 4.26- Gráfico dos ensaios em provetes de solo com 25% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

4.3.3. - Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 2-10

4.3.3.1. - Provetes de solo com mistura de solo com 10% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.21- Ensaios de compressão em provetes de mistura de solo com 10% de granulado de cortiça 2-10

Provetes solo com 10% cortiça 2-10				
Ensaio aos 28 dias de cura				
Tempo (min)	Provete 6 Tensão (σ) (MPa)	Provete 1 Tensão (σ) (MPa)	Provete 2 Tensão (σ) (MPa)	Provete 5 Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,014	0,027	0,014	0,032
0,67	0,054	0,108	0,054	0,113
1,00	0,149	0,230	0,176	0,226
1,33	0,262	0,361	0,307	0,370
1,67	0,384	0,492	0,424	0,492
2,00	0,519	0,655	0,587	0,677
2,33	0,668	0,817	0,736	0,844
2,67	0,822	0,993	0,903	0,957
3,00	0,975	1,124	1,084	1,115
3,33	1,129	1,350	1,242	1,197
3,67	1,269	1,522	1,400	1,318
4,00	1,413	1,693	1,580	1,445
4,33	1,513	1,874	1,716	1,558
4,67	1,612	2,000	1,815	1,648
5,00	1,675	2,100	1,896	1,707
5,33	1,716	2,185	1,932	1,729
5,67	1,725	2,244	1,919	1,734
6,00	1,689	2,280	1,874	1,707
6,33	1,648	2,271	1,797	1,680
6,67	1,517	2,212	1,671	1,603
7,00	1,400	2,095	1,400	1,490

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A12.1, A12.2, A12.3 e A12.4, assim como a figura 4.27 mostra o gráfico tensão tempo dos quatro ensaios.

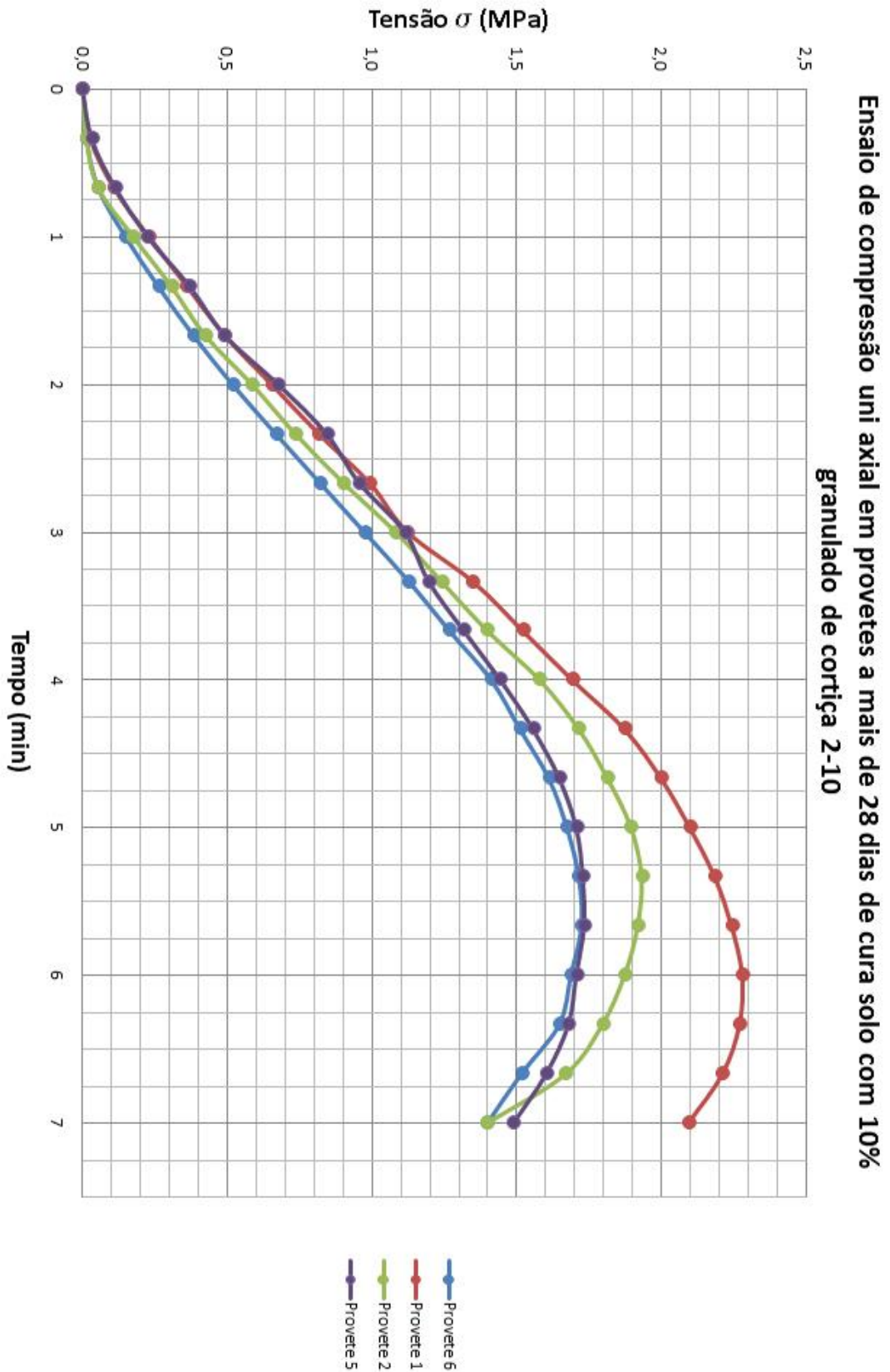


Figura 4.27 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 10% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura

4.3.3.2. - Provetes de solo com mistura de solo com 15% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.22- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 15% de granulado de cortiça 2-10

Provetes Solo com 15% cortiça 2-10				
Ensaio a mais de 28 dias de cura				
Tempo	Provete 4	Provete 7	Provete 2	Provete 3
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,045	0,009	0,027	0,018
0,67	0,108	0,023	0,090	0,045
1,00	0,176	0,054	0,172	0,090
1,33	0,248	0,090	0,339	0,144
1,67	0,339	0,149	0,406	0,226
2,00	0,452	0,226	0,506	0,316
2,33	0,578	0,343	0,655	0,442
2,67	0,682	0,497	0,804	0,542
3,00	0,813	0,578	0,953	0,677
3,33	0,948	0,731	1,084	0,813
3,67	1,066	0,813	1,210	0,939
4,00	1,151	0,880	1,318	1,075
4,33	1,242	1,016	1,404	1,178
4,67	1,273	1,129	1,463	1,264
5,00	1,282	1,197	1,495	1,309
5,33	1,264	1,255	1,490	1,318
5,67	1,219	1,269	1,454	1,309
6,00	1,165	1,260	1,377	1,273
6,33	1,120	1,242	1,287	1,219
6,67	1,038	1,215	1,197	1,151
7,00	1,007	1,169	1,106	1,084
7,33	0,962	1,120	1,029	1,025
7,67	0,921	1,075	0,948	0,957
8,00	0,867	1,061	0,894	0,899

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A12.5, A12.6, A12.7 e A12.8, assim figura 4.28 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

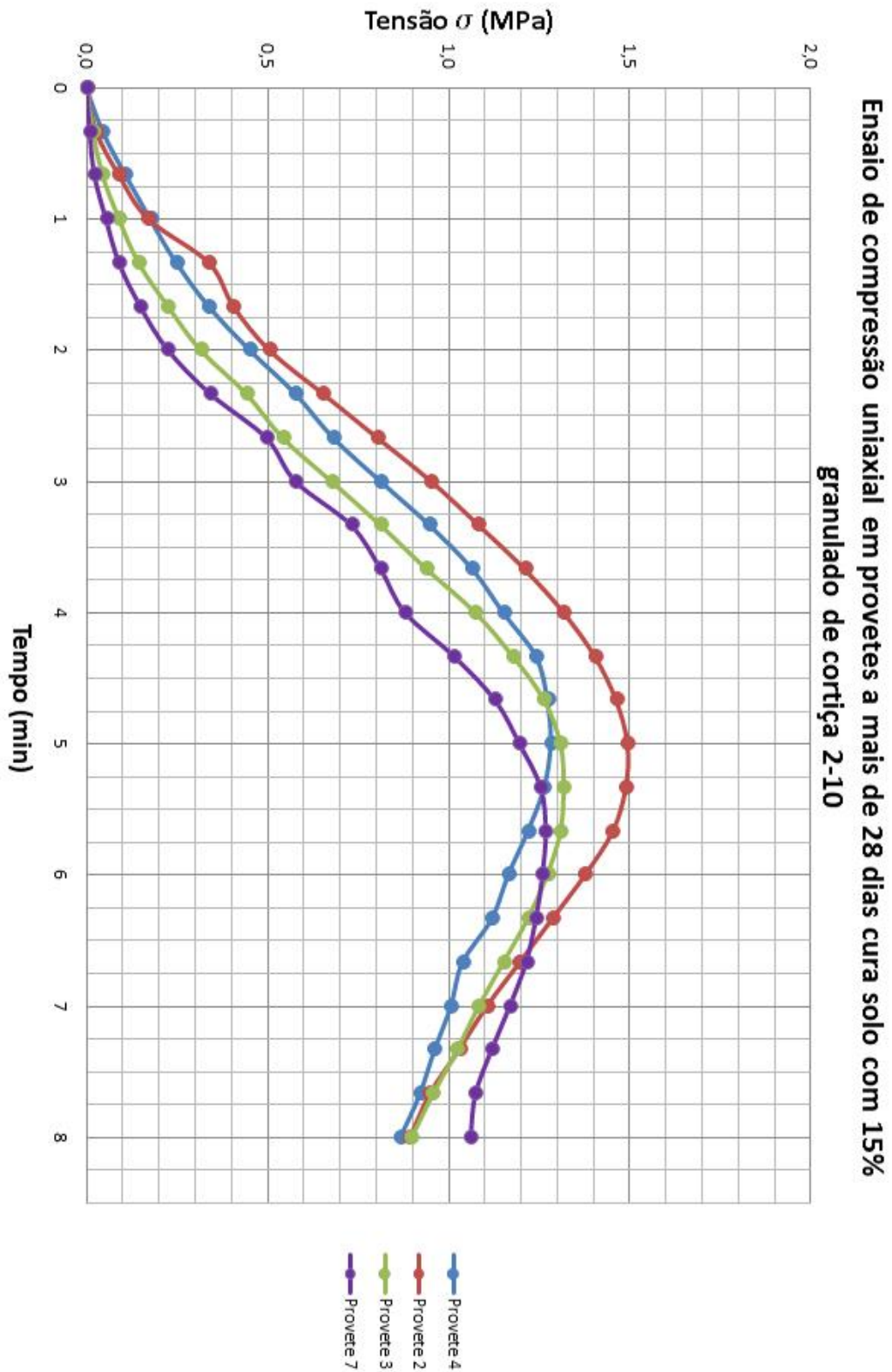


Figura 4.28 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 15% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura

4.3.3.3. - Provetes de solo com mistura de solo com 20% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.23- Ensaios de compressão em provetes de mistura de solo com 20% de granulado de cortiça 2-10

Provetes solo com 20% cortiça 2-10				
Ensaio a mais de 28 dias de cura				
Tempo	Provete 7	Provete 3	Provete 4	Provete 2
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,009	0,009	0,009
0,67	0,032	0,027	0,027	0,023
1,00	0,059	0,045	0,050	0,041
1,33	0,099	0,072	0,090	0,050
1,67	0,126	0,113	0,158	0,059
2,00	0,244	0,172	0,226	0,081
2,33	0,357	0,253	0,339	0,126
2,67	0,456	0,352	0,442	0,235
3,00	0,582	0,452	0,564	0,316
3,33	0,700	0,560	0,700	0,415
3,67	0,813	0,677	0,849	0,506
4,00	1,016	0,813	0,939	0,623
4,33	1,129	0,948	1,057	0,713
4,67	1,219	1,038	1,151	0,808
5,00	1,332	1,151	1,210	0,880
5,33	1,436	1,219	1,242	0,948
5,67	1,513	1,287	1,264	0,971
6,00	1,562	1,327	1,255	0,993
6,33	1,598	1,346	1,219	1,020
6,67	1,603	1,341	1,174	1,029
7,00	1,580	1,318	1,138	1,025
7,33	1,544	1,291	1,084	1,011
7,67	1,485	1,255	1,038	0,993
8,00	1,431	1,219	0,993	0,971

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A12.9, A12.10, A12.11 e A12.12, assim como a figura 4.29 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

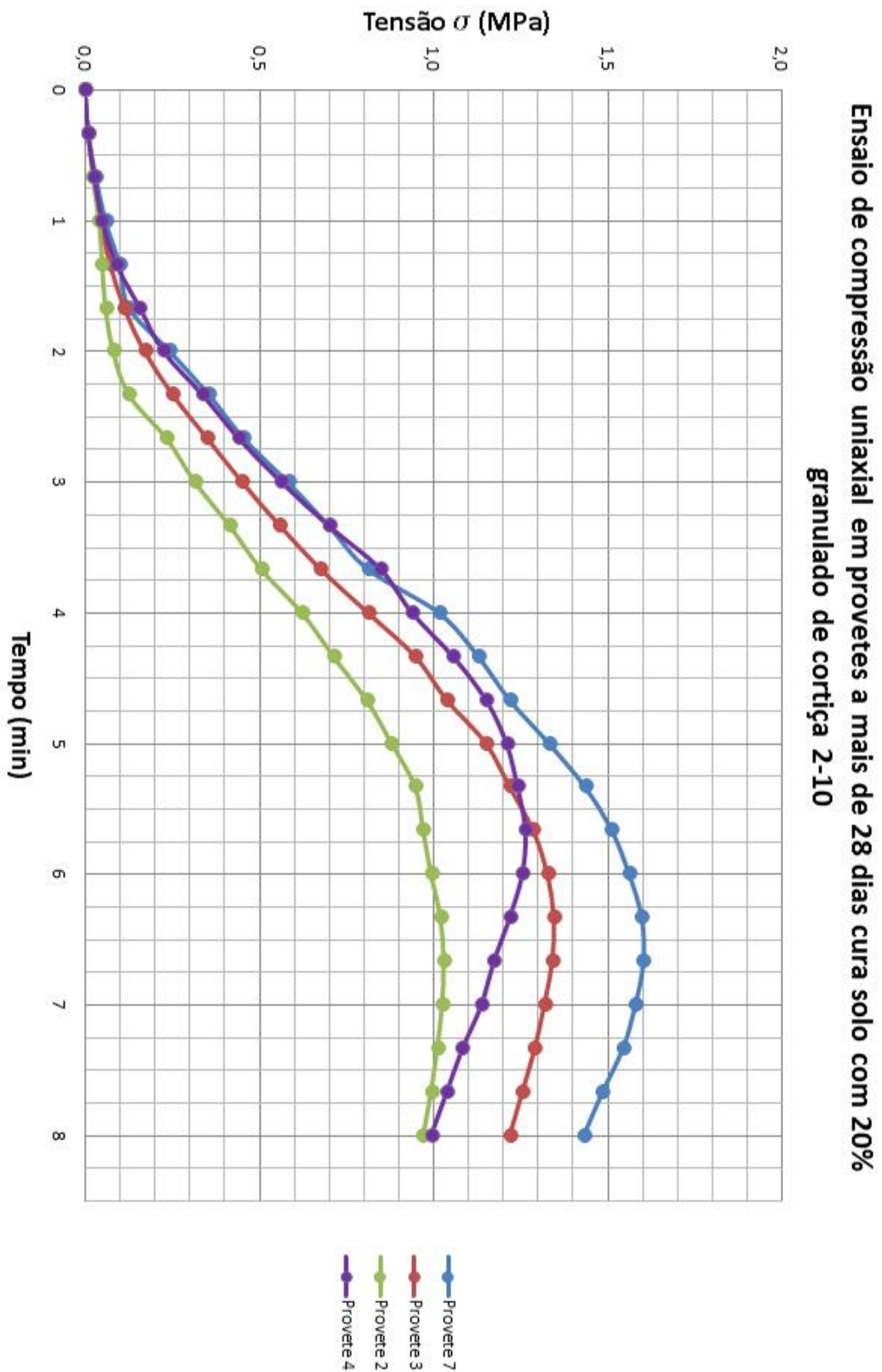


Figura 4.29 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 20% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura

4.3.3.4. - Provetes de solo com mistura de solo com 25% de granulado de cortiça 2-10

Quadro 4.24- Ensaios de compressão em provetes de mistura de solo com 25% de granulado de cortiça 2-10

Provetes solo com 25% cortiça 2-10				
Ensaio a mais de 28 dias de cura				
Tempo	Provete 1	Provete 6	Provete 5	Provete 4
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,014	0,014	0,009	0,009
0,67	0,036	0,027	0,050	0,027
1,00	0,054	0,045	0,072	0,050
1,33	0,095	0,068	0,090	0,081
1,67	0,158	0,095	0,122	0,126
2,00	0,248	0,144	0,181	0,176
2,33	0,375	0,208	0,253	0,257
2,67	0,542	0,266	0,312	0,339
3,00	0,677	0,334	0,370	0,452
3,33	0,795	0,411	0,442	0,564
3,67	0,930	0,474	0,510	0,677
4,00	1,048	0,546	0,582	0,795
4,33	1,165	0,628	0,673	0,908
4,67	1,264	0,709	0,750	1,011
5,00	1,336	0,786	0,822	1,088
5,33	1,400	0,871	0,912	1,142
5,67	1,436	0,971	0,989	1,174
6,00	1,440	1,029	1,052	1,183
6,33	1,436	1,038	1,066	1,174
6,67	1,418	1,029	1,070	1,156
7,00	1,377	0,998	1,057	1,129
7,33	1,332	0,939	1,034	1,102
7,67	1,269	0,899	0,993	1,061
8,00	1,210	0,840	0,944	1,016

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A12.13, A12.14, A12.15 e A12.16, assim como a figura 4.30 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

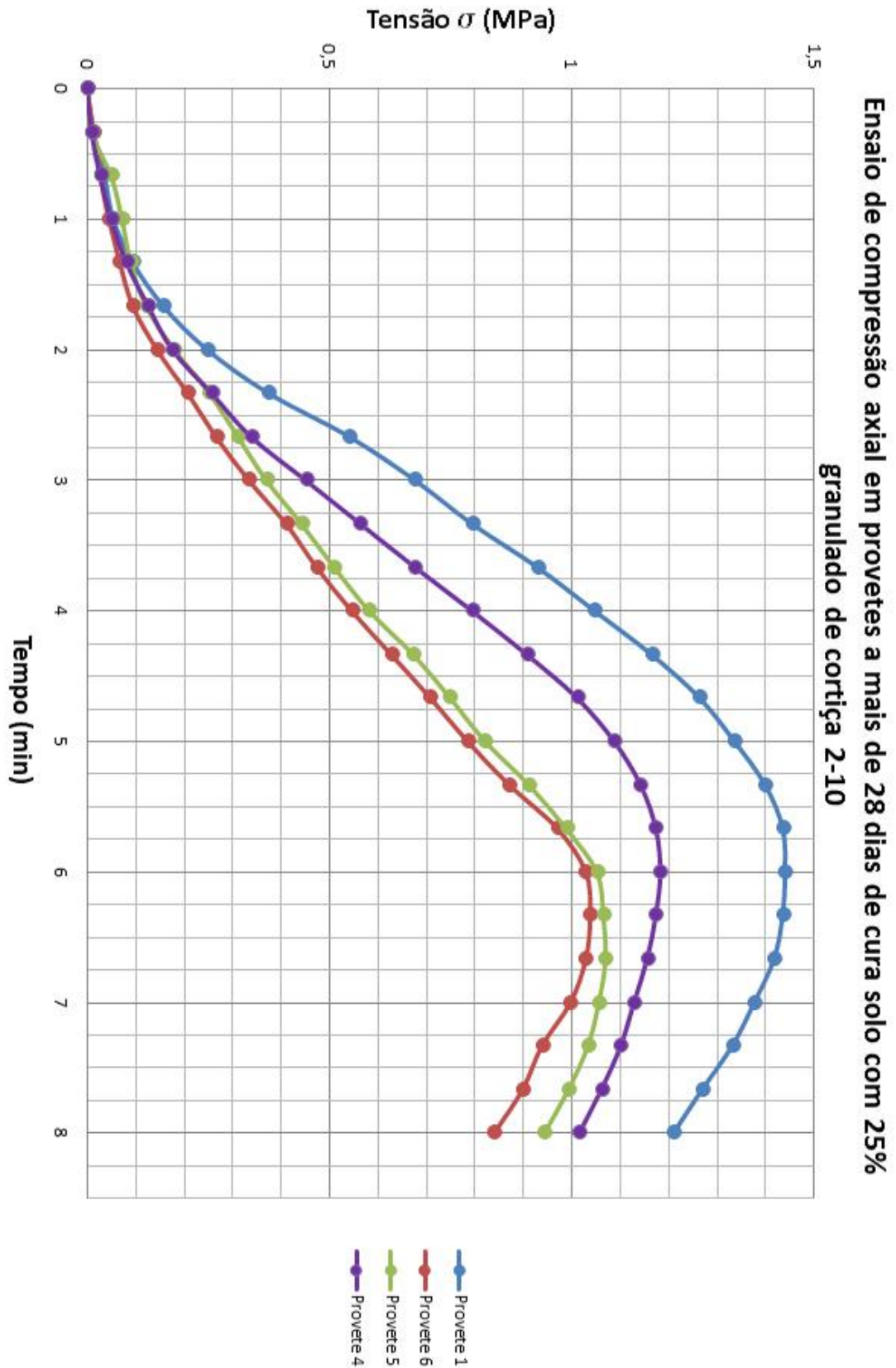


Figura 4.30 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 25% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura

4.3.4. - Provetes de solo com mistura de granulado de cortiça 3-5

4.3.4.1. - Provetes de solo com mistura de solo com 10% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.25- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 10% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 10% cortiça 3-5				
Ensaio aos 28 dias de cura				
Tempo	Provete 2	Provete 6	Provete 7	Provete 5
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,032	0,032	0,068	0,023
0,67	0,163	0,144	0,203	0,113
1,00	0,325	0,271	0,330	0,244
1,33	0,479	0,406	0,474	0,384
1,67	0,641	0,551	0,632	0,519
2,00	0,813	0,709	0,790	0,677
2,33	0,984	0,880	0,948	0,831
2,67	1,165	1,070	1,129	0,993
3,00	1,355	1,255	1,296	1,151
3,33	1,535	1,436	1,454	1,309
3,67	1,707	1,625	1,634	1,445
4,00	1,883	1,797	1,797	1,603
4,33	2,032	1,960	1,919	1,738
4,67	2,167	2,100	2,041	1,842
5,00	2,280	2,226	2,113	1,932
5,33	2,370	2,312	2,158	2,009
5,67	2,429	2,384	2,163	2,027
6,00	2,447	2,407	2,145	2,023
6,33	2,416	2,389	2,118	2,009
6,67	2,348	2,294	2,077	1,951
7,00	2,249	2,122	2,023	1,860

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A14.1, A14.2, A14.3 e A14.4, assim figura 4.31 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

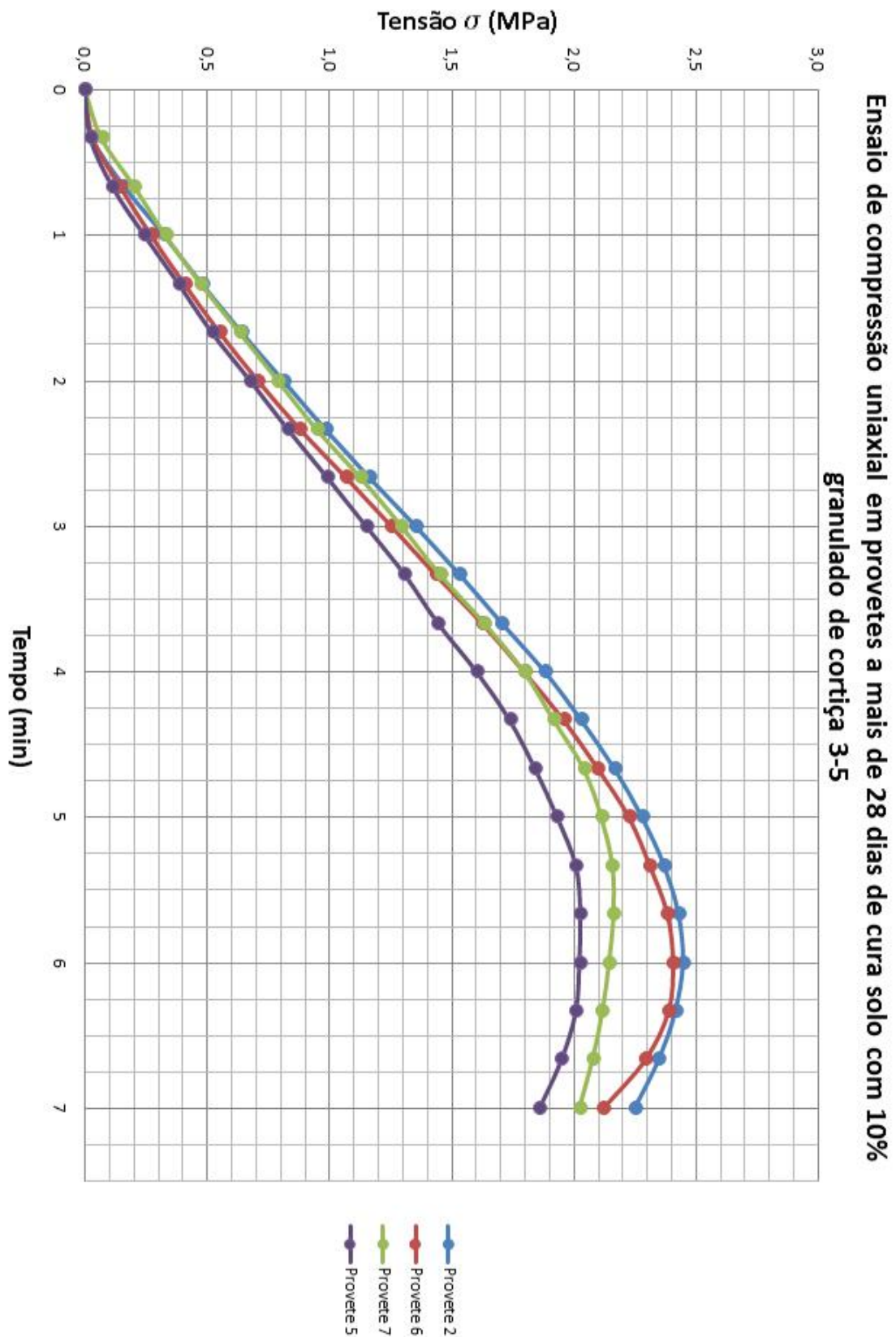


Figura 4.31 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 10% granulado de cortiça 2-10 a mais de 28 dias de cura

4.3.4.2. - Provetes de solo com mistura de solo com 15% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.26- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 15% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 15% cortiça 3-5				
Ensaio aos 28 dias de cura				
Tempo	Provete 4	Provete 1	Provete 7	Provete 3
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,018	0,018	0,014
0,67	0,023	0,045	0,050	0,045
1,00	0,068	0,108	0,144	0,095
1,33	0,172	0,190	0,271	0,203
1,67	0,316	0,293	0,411	0,316
2,00	0,470	0,379	0,587	0,415
2,33	0,646	0,492	0,768	0,542
2,67	0,795	0,619	0,948	0,722
3,00	0,980	0,745	1,106	0,858
3,33	1,147	0,899	1,242	1,038
3,67	1,282	1,007	1,377	1,151
4,00	1,440	1,129	1,445	1,273
4,33	1,576	1,228	1,490	1,377
4,67	1,716	1,309	1,467	1,463
5,00	1,797	1,382	1,436	1,513
5,33	1,847	1,422	1,359	1,535
5,67	1,851	1,436	1,287	1,526
6,00	1,797	1,422	1,228	1,467
6,33	1,720	1,404	1,129	1,409
6,67	1,644	1,373	1,048	1,355

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A14.5, A14.6, A14.7 e A14.8, assim como a figura 4.32 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

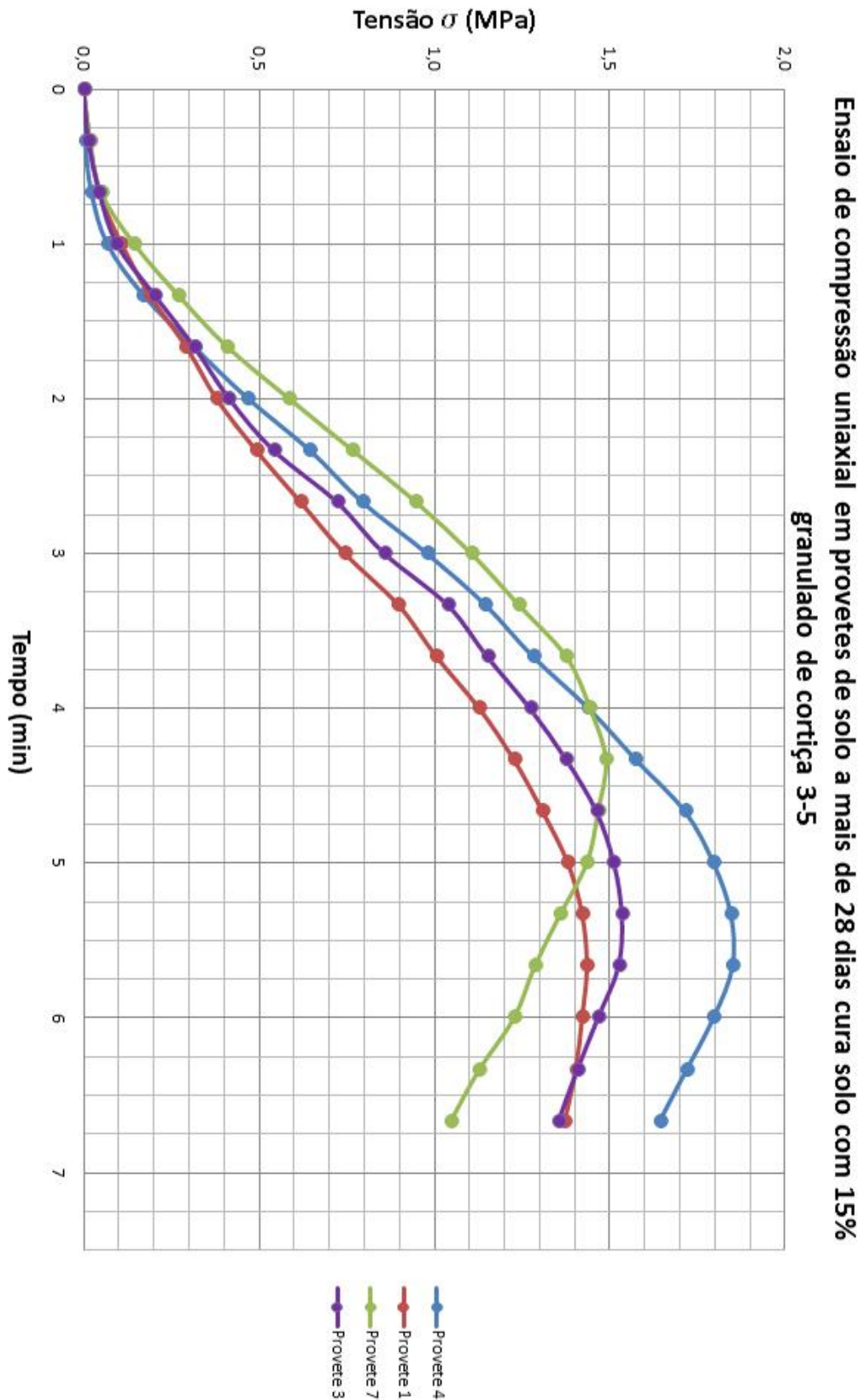


Figura 4.32- Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 15% granulado de cortiça 3-5 a mais de 28 dias de cura

4.3.4.3. - Provetes de solo com mistura de solo com 20% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.27- Ensaios de compressão em provetes de mistura de solo com 20% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 20% cortiça 3-5				
Ensaio a mais de 28 dias de cura				
Tempo	Provete 5	Provete 6	Provete 4	Provete 3
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,009	0,009	0,009	0,014
0,67	0,018	0,023	0,018	0,032
1,00	0,027	0,041	0,027	0,045
1,33	0,041	0,054	0,036	0,081
1,67	0,059	0,086	0,054	0,117
2,00	0,095	0,126	0,072	0,194
2,33	0,140	0,181	0,099	0,280
2,67	0,199	0,248	0,135	0,375
3,00	0,275	0,330	0,185	0,488
3,33	0,343	0,420	0,244	0,596
3,67	0,429	0,519	0,307	0,704
4,00	0,519	0,632	0,379	0,813
4,33	0,601	0,731	0,461	0,912
4,67	0,686	0,831	0,533	1,016
5,00	0,763	0,903	0,605	1,106
5,33	0,817	0,953	0,659	1,174
5,67	0,858	0,993	0,713	1,233
6,00	0,880	0,998	0,745	1,264
6,33	0,889	0,989	0,768	1,282
6,67	0,880	0,971	0,777	1,278
7,00	0,862	0,939	0,786	1,246
7,33	0,844	0,903	0,781	1,210
7,67	0,817	0,867	0,777	1,165
8,00	0,795	0,822	0,772	1,120

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A14.9, A14.10, A14.11 e A14.12, assim como a figura 4.33 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

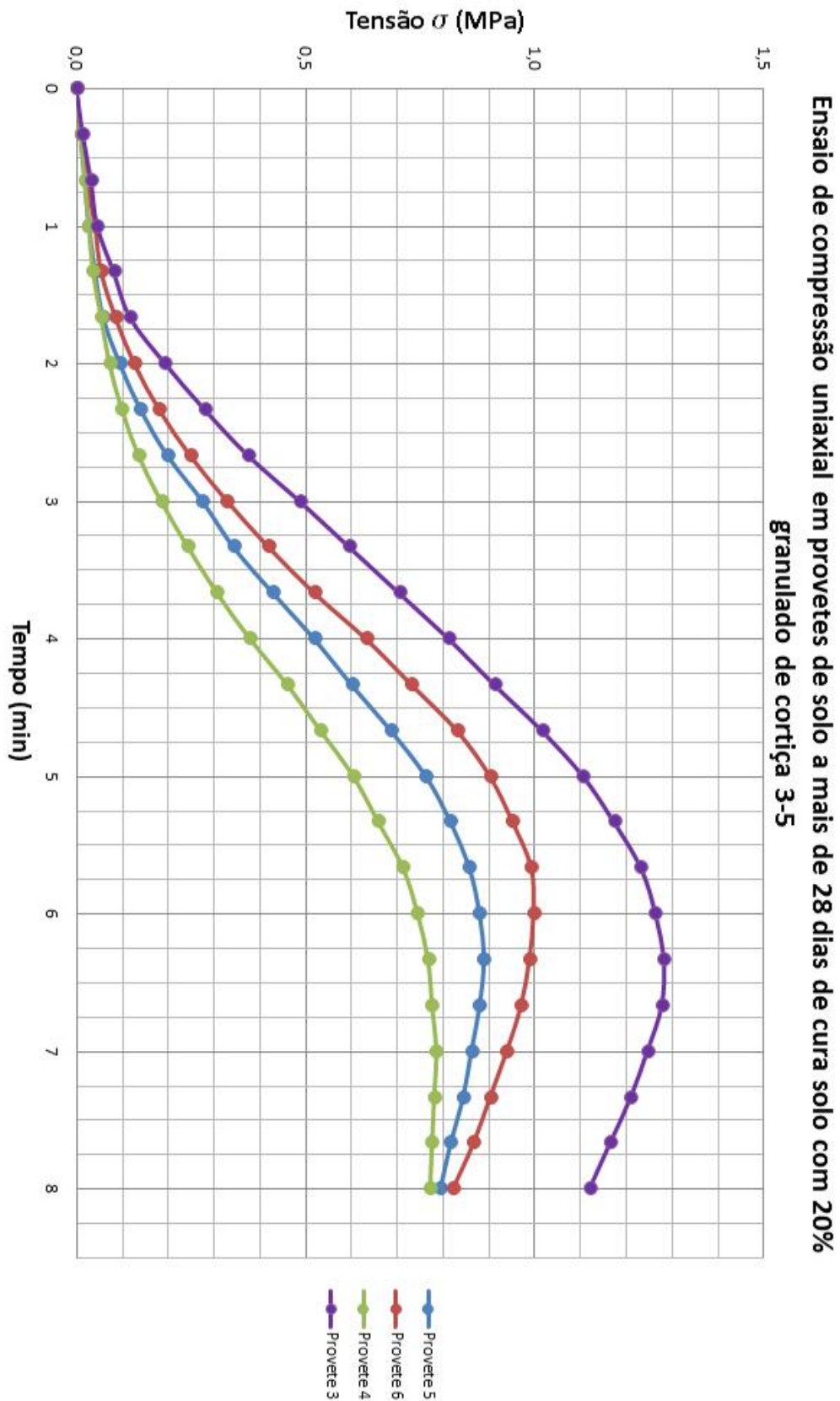


Figura 4. 33 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 20% granulado de cortiça 3-5 a mais de 28 dias de cura

4.3.4.4. - Provetes de solo com mistura de solo com 25% de granulado de cortiça 3-5

Quadro 4.28- Ensaio de compressão em provetes de mistura de solo com 25% de granulado de cortiça 3-5

Provetes solo com 25% cortiça 3-5				
Ensaio aos 28 dias de cura				
Tempo	Provete 6	Provete 5	Provete 1	Provete 4
(min)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)	Tensão (σ) (MPa)
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
0,33	0,005	0,009	0,009	0,009
0,67	0,014	0,018	0,027	0,027
1,00	0,018	0,036	0,036	0,050
1,33	0,023	0,050	0,054	0,072
1,67	0,032	0,072	0,072	0,099
2,00	0,045	0,117	0,090	0,126
2,33	0,054	0,158	0,122	0,172
2,67	0,072	0,248	0,158	0,226
3,00	0,099	0,316	0,203	0,280
3,33	0,126	0,415	0,248	0,339
3,67	0,172	0,542	0,293	0,397
4,00	0,230	0,632	0,343	0,452
4,33	0,293	0,745	0,402	0,506
4,67	0,366	0,835	0,474	0,564
5,00	0,452	0,903	0,542	0,614
5,33	0,528	0,948	0,610	0,668
5,67	0,610	0,971	0,686	0,713
6,00	0,677	0,980	0,754	0,754
6,33	0,722	0,980	0,804	0,790
6,67	0,768	0,971	0,849	0,795
7,00	0,790	0,948	0,858	0,790
7,33	0,808	0,926	0,849	0,781
7,67	0,813	0,903	0,831	0,768
8,00	0,817	0,876	0,795	0,750
8,33	0,813	0,840	0,759	0,722
8,67	0,804	0,799	0,727	0,691
9,00	0,795	0,763	0,691	0,655

Os resultados detalhados dos ensaios de compressão uniaxial dos provetes de solo original com mais de 28 dias de cura encontram-se em anexo nos quadros A14.13, A14.14, A14.15 e A14.16, assim figura 4.34 mostra o gráfico tensão/tempo dos quatro ensaios.

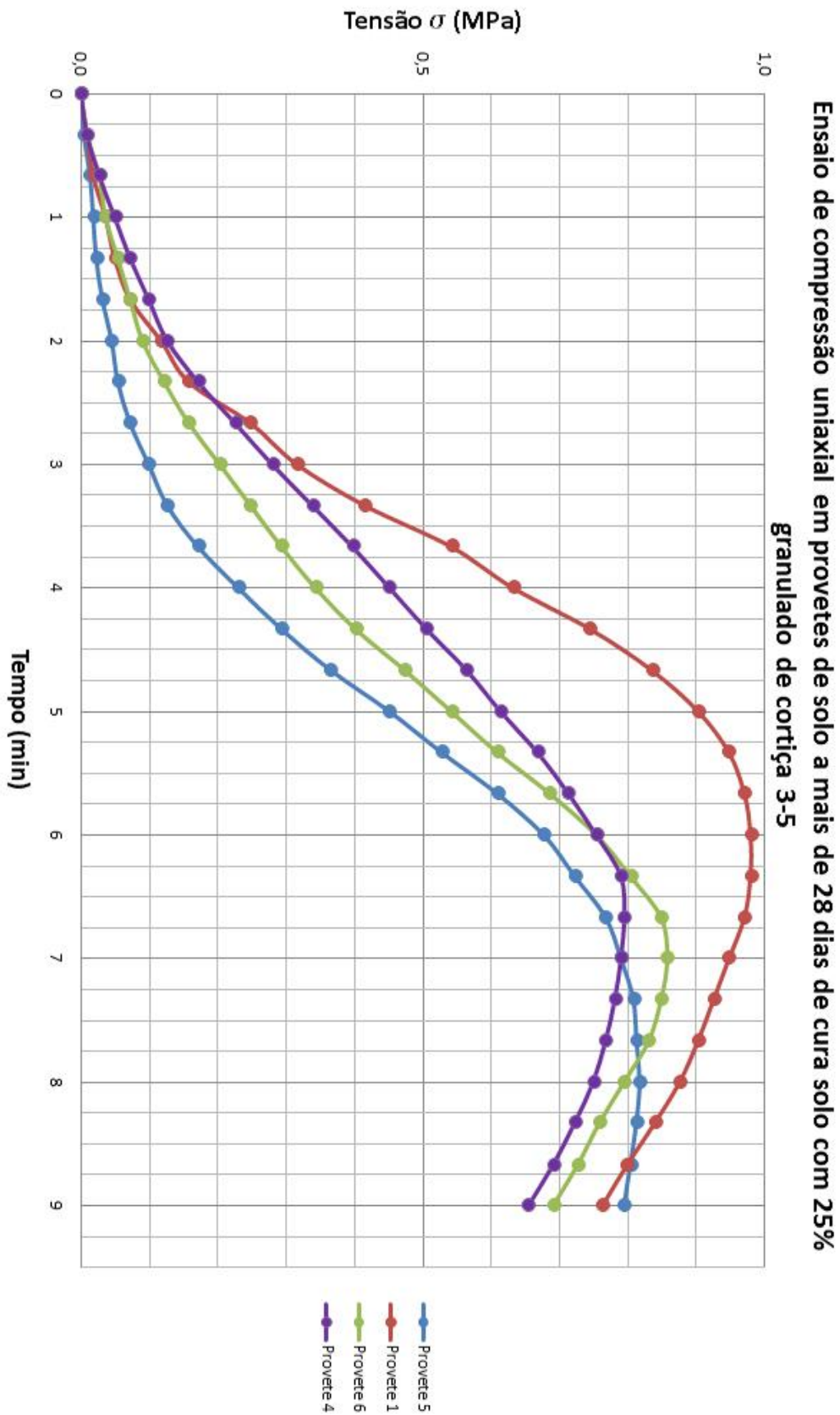


Figura 4.34 - Gráfico dos ensaios em provetes de solo a 25% granulado de cortiça 3-5 a mais de 28 dias de cura

4.3.5. – Interpretação dos ensaios à compressão com 28 dias de secagem

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos quatro provetes de cada percentagem entre 10% e 25% dos três tipos isolantes térmicos, permitem-nos concluir que a adição de argila a resistência à compressão aumenta ligeiramente aos 28 dias, conforme demonstrado no gráfico comparativo de tensão/tempo de argila e solo (Figura A11.1).

No que diz respeito aos provetes com granulado de cortiça, nota-se que quando passamos da percentagem de 15% para os 20% e 25% (conforme se pode visualizar na figura A13.1 e A15.1 em anexo) a diminuição da resistência à compressão abaixo de 1,8 MPa, ao contrário existe um aumento no tempo no qual o provete cede à rotura. A conclusão deste fenómeno pode dever-se ao aumento das quantidades de granulado podendo estes comportarem-se de uma forma elástica nos provetes o qual podem aumentar o tempo de rotura a absorver a força da compressão.

Para os casos das percentagens 20% e 25% de granulado de cortiça 3-5 e 2-10 podemos despreza-las visto a sua fraca resistência à compressão encontrando-se abaixo de 1,2 MPa, na qual “Earth Building in Spain” (Delgado & Guerrero, 2006) para solo não confinado e para taipa de resistência média, que a tensão mínima é 1,2 MPa conforme pode visualizar no quadro 2.3.

4.4. – Ensaios de compressão uniaxial em provete cilíndrico de solo aos de 28 dias de cura

Neste trabalho tentamos ser o mais rigoroso em termos de comparação do material utilizado em obra assim como nos ensaios. Neste caso efetuou-se também ensaios em provetes cilíndricos como é recomendado na norma ASTM D1633 – 00, que recomenda que estes ensaios devem ser efetuados em provetes cilíndricos em que sua altura deve ser 1,5 vezes o diâmetro do provete, ou seja, diâmetro de 10cm e altura de 15cm conforme se pode verificar na figura 4.35 e na figura 4.36.

A velocidade de compressão nos provetes cilíndricos, é igual à utilizada nos provetes cúbicos (a velocidade da norma ASTM D1633 – 00) de 1 mm/minuto.



Figura 4.35– Provetes cilíndricos Ø10 x 15cm



Figura 4.36– Ensaio de compressão simples dos provetes cilíndricos

Os ensaios, de compactação e do teor de humidade utilizados nos provetes cilíndricos foram idênticos aos dos provetes cúbicos, inclusive a granulometria do solo foi idêntica, bem como o tempo de cura os 28 dias.

Quadro 4.29 – Resumo do ensaio de provetes cilíndricos de solo aos 28 dias de cura

Provetes cilíndricos 100 % solo				
Ensaio aos 28 dias de cura				
Tempo (min)	Provete 1 Tensão (σ) (MPa)	Provete 2 Tensão (σ) (MPa)	Provete 3 Tensão (σ) (MPa)	Provete 4 Tensão (σ) (MPa)
0	0	0	0	0
0,33	0,052	0,103	0,058	0,104
0,67	0,201	0,276	0,288	0,230
1	0,391	0,489	0,431	0,391
1,33	0,581	0,644	0,604	0,546
1,67	0,747	0,736	0,748	0,679
2	0,931	0,931	0,874	0,840
2,33	1,104	1,092	1,064	1,001
2,67	1,293	1,207	1,208	1,150
3	1,437	1,368	1,294	1,294

3,33	1,650	1,460	1,409	1,449
3,67	1,782	1,610	1,524	1,610
4	1,937	1,713	1,639	1,726
4,33	2,121	1,759	1,737	1,852
4,67	2,185	1,811	1,795	1,944
5	2,202	1,828	1,841	1,984
5,33	2,162	1,834	1,887	1,990
5,67	2,041	1,794	1,898	1,979
6	1,868	1,736	1,875	1,944
6,33	1,696	1,610	1,795	1,754
6,67	1,523	1,466	1,680	1,639
7	1,437	1,219	1,599	1,438

A análise do quadro 4.29, com os resultados dos provetes cilíndricos de solo original em comparação com os resultados do quadro 4.16 sobre os ensaios nos provetes cúbicos com mais de 28 dias de cura, permite constatar que a resistência é menor, facto que pode ter a ver com a altura dos provetes cilíndricos nos quais podem existir flexão. Como se pode verificar na figura 4.37, existe uma pequena flexão devido à forma como os provetes rompem à compressão, e que nos provetes cúbicos o seu rompimento dá-se mais pelo total das faces onde a força se distribui na totalidade do provete.

Facto este, que não é de estranhar, pois no caso do betão armado também se verifica esta diferença significativa de resistência à compressão entre o cubo e o cilindro, sendo a diferença perto de 80% menos, nos provetes cilíndricos em relação aos provetes cúbicos.



Figura 4.37- Rompimento dos provetes cilíndricos

4.5. – Influência dos dias de cura na resistência mecânica dos provetes

Efetuada uma análise da resistência mecânica dos provetes aos 21 dias e aos 28 dias, provou-se que, não utilizando cal ou cimento na adição do solo, este não estabiliza aos 21 dias conforme Eusébio, (2001) menciona no seu estudo.

No presente estudo podemos confirmar que existem aumentos de 10 a 30% da resistência mecânica entre os 21 dias e os 28 dias de cura, conforme mostra a figura A17.1 em anexo.

Numericamente, podem observar no quadro 4.32 a tensão média de cada série aos 21 dias e posteriormente a mais de 28 dias.

4.5.1. – Teor de humidade nos provetes com mais de 28 dias

4.5.1.1. - Teor de humidade nos provetes cúbicos com mais de 28 dias cura

Podemos constatar através do quadro 4.31 que a humidade existente nos provetes que serviram para os ensaios térmicos e posteriormente para os ensaios físicos com mais de 28 dias de cura que a humidade existente é uma humidade residual.

O teor de humidade existente pode ter com influenciada pelo meio ambiente, atendendo que os provetes não foram secos em estufa e a humidade existente residual.

Partiu-se de um princípio que a maior percentagem de humidade podia estar presente nos provetes de 100 % solo, logo o estudo e o cálculo do teor de humidade foi efetuado só nos provetes de solo original com mais de 28 dias. O teor de humidade foi obtido após os ensaios térmicos e os ensaios à compressão, de forma a podermos relacionar se o teor de humidade podia ter influenciado o ensaio térmico. Como o teor de humidade médio obtido nos provetes foi inferior a 1%, despreza-se assim a influência nestes.

Quadro 4.30– Teor de humidade nos provetes a mais de 28 dias

	Provete 2		Provete 5	
	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)
Copo	117,1	105,66	97,81	103,23
Copo + Solo húmido	332,4	323,10	347,02	357,32
Copo + Solo seco	330,26	321,08	344,48	354,97
Massa do solo seco	213,16	215,42	246,67	251,74
Massa da água	2,14	2,02	2,54	2,35
Teor em humidade	1,00%	0,94%	1,03%	0,93%
Teor de humidade médio	0,98%			

4.5.1.2. – Teor de humidade nos provetes cilíndricos aos 28 dias

Quadro 4.31- Teor de humidade nos provetes de solo cilíndricos aos 28 dias

	Provete 1		Provete 3	
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
	(g)	(g)	(g)	(g)
Copo	119,03	109,20	120,55	98,57
Copo + Solo húmido	426,81	416,01	430,24	419,07
Copo + Solo Seco	425,88	415,11	429,22	418,11
Massa do Solo Seco	306,85	305,91	308,67	319,54
Massa da água	0,93	0,90	1,02	0,96
Teor em humidade	0,30%	0,29%	0,33%	0,30%

Tal como nos provetes cúbicos, a presença da humidade é mínima até mesmo residual, conforme podemos visualizar nas amostras recolhidas em dois provetes cilíndricos (quadro 4.30), que apresentam um teor máximo de 0,33%. Podemos concluir assim que a presença da humidade influencia a resistência dos provetes à compressão uniaxial, se comparamos a humidade/resistência uniaxial a 21 dias, com a humidade/resistência com os 28 dias ou mais de cura.

4.5.2. – Resistência com o aumento dos dias de cura

Podemos assim concluir que existe um aumento de resistência com o tempo de cura e essa percentagem é maior quanto maior for a quantidade de solo no provete, ou seja, no caso dos provetes de 100% solo e no caso em que existem no máximo 20% de produtos adicionados (argila expandida e granulado de cortiça). Há uma exceção no caso dos provetes de 25% mistura com solo de granulado de cortiça 3-5 em que este se aproxima da tendência, mas nos provetes de 20% granulado de cortiça 3-5 há uma baixa que se aproxima do 25% das outras séries.

Quadro 4.32– Aumento da resistência média com os dias de cura

Tipo de Provelte	21 dias	A mais 28 dias	Percentagem de aumento da resistência
	Tensão média	Tensão média	
	(σ) (MPa)	(σ) (MPa)	%
Solo 100%	2,014	2,641	23,8%
Solo com 10% argila expandida 2-4	2,014	3,124	35,5%
Solo com 15% argila expandida 2-4	2,130	2,966	28,2%
Solo com 20% argila expandida 2-4	2,130	3,069	30,6%
Solo com 25% argila expandida 2-4	2,232	2,401	7,0%
Solo com 10% granulado de cortiça 2-10	2,017	2,610	22,7%
Solo com 15% granulado de cortiça 2-10	1,553	1,905	18,5%
Solo com 20% granulado de cortiça 2-10	0,939	1,329	29,3%
Solo com 25% granulado de cortiça 2-10	0,825	1,178	30,0%
Solo com 10% granulado de cortiça 3-5	1,698	2,255	24,7%
Solo com 15% granulado de cortiça 3-5	1,318	1,541	14,4%
Solo com 20% granulado de cortiça 3-5	0,906	0,982	7,7%
Solo com 25% granulado de cortiça 3-5	0,593	0,847	30,0%

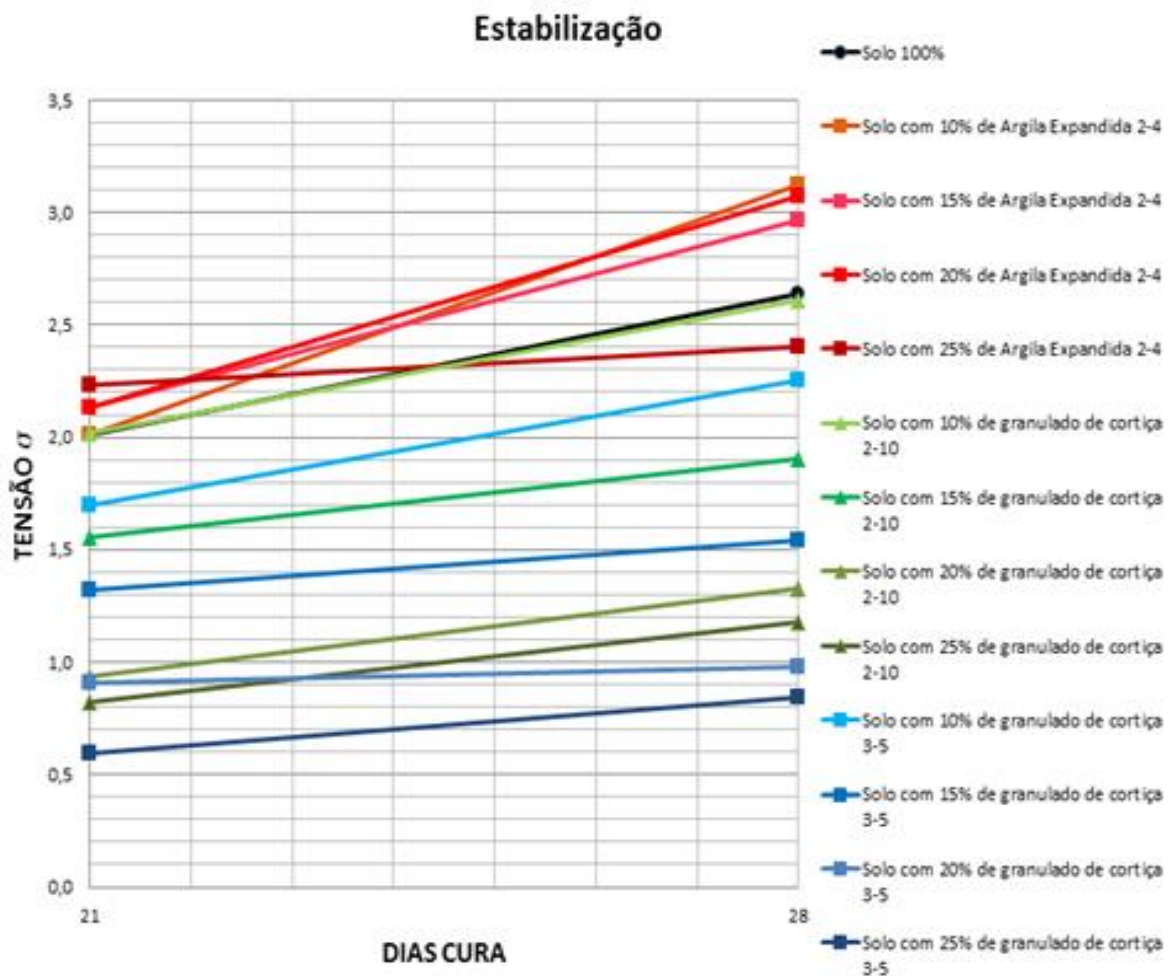


Figura 4.38 – Gráfico representativo da influência dos dias de cura na resistência mecânica na taipa

Capítulo 5

Caraterização térmica dos provetes

5.1. – Comportamento térmico

A condutibilidade térmica de um material é uma das propriedades que caracteriza a maior ou menor capacidade desse material conduzir energia térmica através dele. Uma condutibilidade térmica baixa significa que o material é mau condutor de calor; ao contrário, altas condutibilidades térmicas, significam que o material é bom condutor de calor.

Para definir a condutibilidade térmica é necessário recorrer à equação de Fourier (Wang, *et al.*, (2008)). A condutibilidade térmica é a quantidade de calor que flui, por metro quadrado e por segundo, através de um material com um metro de espessura e que apresenta de temperatura unitário entre as suas duas faces. No sistema internacional (SI) a condutibilidade térmica é expressa em $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ou $W/(m \cdot K)$.

A condutibilidade térmica pode ser medida *in situ* (caso das formações geológicas) ou em laboratório. Há vários métodos para a determinação em laboratório da condutibilidade térmica. Neste trabalho a condutibilidade térmica foi medida em vários provetes com características diferentes, como referido aquando da descrição dos ensaios de resistência à compressão.

A condutibilidade térmica foi medida com um aparelho ISOMET 2104, da *Applied Precision*, que é mostrado na figura 5.1. Para além da condutibilidade térmica, este equipamento permite também, a determinação da difusividade térmica e da capacidade térmica volúmica de diversos materiais. Neste trabalho apenas foi considerada a condutibilidade térmica dos provetes. O aparelho ISOMET 2104 permite a utilização de diversos tipos de sondas com diferentes gamas de leitura. Todas as leituras da condutibilidade térmica foram efectuadas com a sonda plana API 210412 (ver quadro 5.1). O equipamento permite a recalibração das sondas usando materiais de referência e leva cerca de 15 minutos para efetuar cada determinação da condutibilidade térmica (λ). Os valores da condutibilidade térmica são armazenados na memória do aparelho e podem ser transferidas para um computador através de um interface de série RS 232.



Figura 5.1– Aparelho de medição Isomet 2104

Quadro 5.1– Caraterísticas da sonda plana utilizada para a determinação laboratorial da condutibilidade térmica dos provetes deste trabalho

Tipo de Sonda	Condutibilidade térmica (W/m.K)	Capacidade térmica volumétrica (J/m ³ K)	Temperatura
Sonda plana API 210412	0,30 a 2,00	1,5x10 ⁶ a 4,0x10 ⁶	-15°C a +50°C

A sonda plana cilíndrica utilizada nas determinações da condutibilidade térmica dos provetes tem 60 mm de diâmetro (figura 5.2) o que obriga a que estes tenham que ter dimensões superiores. Neste caso atende-se o mínimo de dimensão necessário para os ensaios térmicos com o equipamento ISOMET 2104 com as dimensões indicadas para os ensaios de resistência à compressão nos provetes (10cm x 10cm x 10 cm).

Quanto a sonda utilizada nos ensaios térmicos, não foi calibrada, pois o manual do equipamento indica que esta vem calibrada e que não existe necessidade pois refere o mesmo que a calibração de origem é longa sua calibração e imprecisa a sua duração.



Figura 5.2 – Sonda superficial no provete de Solo

As medições da condutibilidade térmica foram efectuadas nos provetes segundo os três eixos X, Y e Z; ao eixo Y correspondem as leituras realizadas na face A (ver figura 5.3). Esta face é a face em que as leituras são realizadas perpendicularmente às camadas de compactação. As faces B e C correspondem aos eixos X e Z como se pode ver na figura 5.3 e na figura 5.4. e as leituras são realizadas paralelas segundo a compactação das camadas e equivalente às faces interiores ou exteriores das paredes. Em cada face dos provetes medidos foram efetuada três leituras.

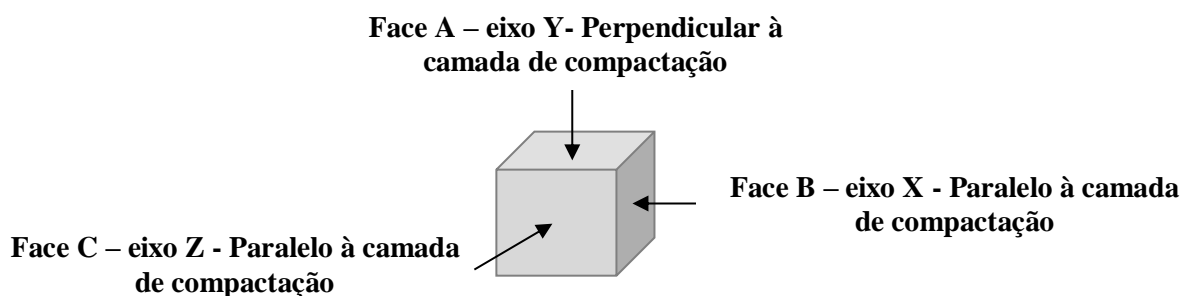


Figura 5.3 – Orientação das leituras nos provetes



Figura 5.4- Determinação da condutibilidade térmica nas diferentes faces de um provete (face A, B e C).

5.1.1. – Comportamento térmico do solo original

Este estudo foi iniciado com a obtenção da condutibilidade térmica nos provetes de solo original (quadro 5.2) segundo os eixos Y e X. No eixo Z foram efectuadas medições, não se apresentando os seus valores por duas razões: (1) concluiu-se que sendo a leitura dos valores no mesmo plano das camadas de compactação (paralelo às camadas) os valores eram muito idênticos (conclusão tirada nos provetes de solo original) e, (2) a escolha da face C em detrimento da face B, porque esta apresentava aparentemente mais porosidades, que poderiam influenciar os resultado da condutibilidade térmica (possível presença de ar entre a sonda e local de medição). De facto, esta situação acabou por acontecer nos provetes em que a adição de isolante térmico era de 20% e 25%, nos casos de granulado de cortiça (3-5 e 2-10).

Como a condutibilidade térmica pode variar de amostra para amostra do mesmo material (heterogeneidade, grau de compactação, granulometria) foram realizadas várias determinações dessa propriedade para vários provetes de solo. Assim, para além da caracterização física e geológica, achou-se pertinente caracterizar também a condutibilidade térmica dos provetes de solo original. Isto permite ter uma condutibilidade térmica de referência em relação aos provetes com adição de outros componentes, i.e., com granulado de cortiça e com argila expandida; isto permite visualizar se há ou não uma melhoria no comportamento térmico dos provetes com adição de outros componentes, o que constitui um dos objectivos deste trabalho, ou seja, verificar se é possível melhorar as características térmicas dos provetes de forma a obter um coeficiente de transmissão térmica mais baixo.

Quadro 5.2 – Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo original segundo o eixo Y.

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α ($\times 10^{-6}$ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,10 \pm 0,19	1,11 \pm 0,23	0,72 \pm 0,14	0,72 \pm 0,14
	2	3	1,16 \pm 0,33		0,74 \pm 0,18	
	3	3	1,07 \pm 0,28		0,72 \pm 0,19	
	4	3	1,08 \pm 0,11		0,67 \pm 0,06	

n – número de leituras
 λ – Condutibilidade térmica
 α – Difusividade térmica
 \pm - Desvio padrão
 S100 – Solo original 100%

Quadro 5.3 – Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo original segundo o eixo X

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10 ⁻⁶ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,01 ± 0,06	1,08 ± 0,11	0,66 ± 0,05	0,73 ± 0,09
	2	3	1,06 ± 0,11		0,73 ± 0,06	
	3	3	1,14 ± 0,13		0,77 ± 0,13	
	4	3	1,12 ± 0,02		0,79 ± 0,05	

n – número de leituras
 λ – Condutibilidade térmica
 α – Difusividade térmica
 \pm - Desvio padrão
 S100 – Solo original 100%

Como se pode observar no quadro 5.3 efetuaram leituras no provete segundo o eixo X, eixo esse, semelhante ao sentido do fluxo térmico na parede exterior. A média dos valores da condutibilidade térmica nas diversas faces B, dos provetes de solo original é de 1,08 W/m.K com um desvio padrão de mais ou menos 0,11 W/m.K. É com este valor que se vai calcular o coeficiente de transmissão térmica (U) que servirá de referência para os outros coeficientes de transmissão térmica com as diferentes percentagens de material isolante.

5.2.- Comportamento térmico do solo com adição de argila expandida

Nesta subsecção do trabalho vamos apresentar a condutibilidade térmica dos diferentes provetes com diferentes percentagens de argila expandida de granulometria 2-4. Nos quadros 5.4 e 5.5 apresentam-se os valores da condutibilidade térmica por provetes, assim como por percentagem nos diferentes dois eixos (Y e X). É apresentado a média da condutibilidade térmica por percentagem de mistura das leituras segundo o eixo Y e X.

5.2.1. – Comportamento térmico da mistura solo/argila expandida 2-4

No quadro 5.4 são apresentados os valores da condutibilidade térmica obtidos segundo o eixo Y (eixo perpendicular à compactação); neste caso a face é menos rugosa devido ao acabamento e podemos verificar uma pequena diferença em relação aos valores apresentados no quadro 5.5; neste quadro os valores apresentados são médias referentes às três leituras efectuada por face do provete.

Os valores da condutibilidade térmica segundo o eixo Y são mais elevados do que os valores obtidos em determinações feitas segundo o eixo X e eixo Z dos provetes; isto pode resultar da presença de mais ar (que é mau condutor térmico) na superfície das faces perpendiculares aos planos de compactação do que nos planos paralelos aos planos de compactação.

Quadro 5.4 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e argila expandida 2-4 segundo o eixo Y

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10-6 m2/s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,10 ± 0,19	1,11 ± 0,23	0,72 ± 0,14	0,72 ± 0,14
	2	3	1,16 ± 0,33		0,74 ± 0,18	
	3	3	1,07 ± 0,28		0,72 ± 0,19	
	4	3	1,08 ± 0,11		0,67 ± 0,06	
S090A10	21	3	0,87 ± 0,04	0,91 ± 0,06	0,57 ± 0,03	0,55 ± 0,06
	22	3	0,87 ± 0,05		0,56 ± 0,03	
	23	3	0,93 ± 0,04		0,64 ± 0,03	
	24	3	0,97 ± 0,01		0,65 ± 0,01	
S085A15	49	3	0,74 ± 0,07	0,86 ± 0,11	0,56 ± 0,06	0,53 ± 0,08
	50	3	0,84 ± 0,06		0,57 ± 0,02	
	51	3	1,01 ± 0,12		0,65 ± 0,10	
	52	3	0,84 ± 0,01		0,53 ± 0,02	
S080A20	45	3	0,82 ± 0,03	0,83 ± 0,07	0,55 ± 0,01	0,53 ± 0,09
	46	3	0,91 ± 0,10		0,55 ± 0,06	
	47	3	0,83 ± 0,05		0,52 ± 0,04	
	48	3	0,77 ± 0,05		0,48 ± 0,04	
S075A25	41	3	0,87 ± 0,05	0,82 ± 0,09	0,58 ± 0,02	0,47 ± 0,04
	42	3	0,75 ± 0,04		0,49 ± 0,01	
	43	3	0,77 ± 0,10		0,49 ± 0,05	
	44	3	0,89 ± 0,06		0,55 ± 0,02	

n – número de leituras

λ – Condutibilidade térmica

α – Difusividade térmica

± - Desvio padrão

S100 – Solo original 100%

S090A10 - Solo com 10% argila 2-4

S085A15 - Solo com 15% argila 2-4

S080A20 - Solo com 20% argila 2-4

S075A25 - Solo com 55% argila 2-4

Quadro 5.5 – Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e argila expandida 2-4 segundo o eixo X

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10 ⁻⁶ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,01 ± 0,06	1,08 ± 0,11	0,66 ± 0,05	0,73 ± 0,09
	2	3	1,06 ± 0,11		0,73 ± 0,06	
	3	3	1,14 ± 0,13		0,77 ± 0,13	
	4	3	1,12 ± 0,02		0,79 ± 0,05	
S090A10	5	3	1,03 ± 0,12	1,04 ± 0,16	0,68 ± 0,07	0,70 ± 0,11
	6	3	1,05 ± 0,14		0,67 ± 0,09	
	7	3	0,89 ± 0,14		0,62 ± 0,08	
	8	3	1,18 ± 0,13		0,82 ± 0,07	
S085A15	9	3	0,83 ± 0,10	0,93 ± 0,15	0,60 ± 0,08	0,61 ± 0,08
	10	3	1,08 ± 0,19		0,67 ± 0,13	
	11	3	0,98 ± 0,05		0,60 ± 0,04	
	12	3	0,83 ± 0,11		0,57 ± 0,05	
S080A20	13	3	0,97 ± 0,04	0,94 ± 0,08	0,60 ± 0,02	0,60 ± 0,05
	14	3	0,98 ± 0,05		0,64 ± 0,06	
	15	3	0,96 ± 0,10		0,59 ± 0,06	
	16	3	0,86 ± 0,10		0,58 ± 0,06	
S075A25	17	3	0,87 ± 0,18	0,79 ± 0,15	0,53 ± 0,09	0,50 ± 0,08
	18	3	0,73 ± 0,06		0,46 ± 0,02	
	19	3	0,95 ± 0,06		0,60 ± 0,02	
	20	3	0,63 ± 0,02		0,42 ± 0,02	

n – número de leituras
 λ – Condutibilidade térmica
 α – Difusividade térmica
 \pm - Desvio padrão
 S100 – Solo original 100%
 S090A10 - Solo com 10% argila 2-4
 S085A15 - Solo com 15% argila 2-4
 S080A20 - Solo com 20% argila 2-4
 S075A25 - Solo com 55% argila 2-4

Os valores mais importantes para este trabalho são os apresentados segundo o eixo X, pois estes valores representam os valores do sentido do fluxo térmico de uma parede exterior (fluxo horizontal e perpendicular à parede). Estes resultados dos ensaios térmicos são apresentados no quadro 5.5. Foram nos provetes com 25% de argila expandida onde se obteve o valor da condutibilidade térmica menor. Sendo a condutibilidade térmica (λ) média destes provetes de 0,79 W/m.K com um desvio padrão de 0,15 W/m.K, isto no segundo o eixo X, o eixo equivalente ao do sentido do fluxo térmico da parede exterior. Apesar do valor segundo o eixo Y apresentado no quadro 5.4 ser menor que o do eixo X. Como já foi referido é o eixo que se defini-o com o eixo em se dá o fluxo térmico numa parede de taipa compactada na vertical (eixo Y).

5.3. – Comportamento térmico do solo original com adição de granulado de cortiça

Nesta subsecção do trabalho apresentamos os valores da condutibilidade térmica de provetes com os dois tipos de granulometrias de cortiça (2-10 e 3-5), usadas nos ensaios para melhorar a condutibilidade térmica da taipa. Os ensaios da condutibilidade térmica nestes provetes foram efetuados conforme as medições nos provetes anteriores com 100 % solo original (taipa) e de solo com argila expandida, segundo os três eixos Y, X e Z. Apesar das medições terem sido efetuadas segundo os três eixos, só serão apresentados os resultados dos eixos Y e X. De forma a não haver diferenças nos valores obtidos efetuaram-se três leituras em cada face, sendo o resultado apresentado a média da medição por face provete.

5.3.1. – Comportamento térmico do solo original com granulado de cortiça 2-10

Quadro 5.6 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e solo com granulado de cortiça 2-10 segundo o eixo Y

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10 ⁻⁶ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,10 ± 0,19	1,11 ± 0,23	0,72 ± 0,14	0,72 ± 0,14
	2	3	1,16 ± 0,33		0,74 ± 0,18	
	3	3	1,07 ± 0,28		0,72 ± 0,19	
	4	3	1,08 ± 0,11		0,67 ± 0,06	
S090CII10	21	3	0,81 ± 0,05	0,84 ± 0,06	0,49 ± 0,03	0,61 ± 0,09
	22	3	0,77 ± 0,54		0,54 ± 0,07	
	23	3	0,87 ± 0,03		0,59 ± 0,06	
	24	3	0,91 ± 0,06		0,59 ± 0,03	
S085CII15	49	3	0,90 ± 0,10	0,79 ± 0,11	0,62 ± 0,07	0,55 ± 0,08
	50	3	0,79 ± 0,15		0,55 ± 0,09	
	51	3	0,78 ± 0,01		0,50 ± 0,03	
	52	3	0,69 ± 0,03		0,46 ± 0,01	
S080CII20	45	3	0,60 ± 0,23	0,76 ± 0,15	0,47 ± 0,21	0,55 ± 0,09
	46	3	0,81 ± 0,04		0,52 ± 0,03	
	47	3	0,79 ± 0,07		0,55 ± 0,08	
	48	3	0,85 ± 0,11		0,57 ± 0,07	
S075CII25	41	3	0,68 ± 0,03	0,70 ± 0,07	0,47 ± 0,04	0,48 ± 0,05
	42	3	0,76 ± 0,01		0,50 ± 0,02	
	43	3	0,69 ± 0,05		0,47 ± 0,02	
	44	3	0,68 ± 0,12		0,46 ± 0,06	

n – número de leituras

λ – Condutibilidade térmica

α – Difusividade térmica

± - Desvio padrão

S100 – Solo original 100%

S090CII10 - Solo com 10% cortiça 2-10

S085CII15 - Solo com 15% cortiça 2-10

S080CII20 - Solo com 20% cortiça 2-10

S075CII25 - Solo com 25% cortiça 2-10

Quadro 5.7 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica no solo e solo mais granulado de cortiça 2-10 segundo eixo X

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10 ⁻⁶ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,01 ± 0,06	1,08 ± 0,11	0,66 ± 0,05	0,73 ± 0,09
	2	3	1,06 ± 0,11		0,73 ± 0,06	
	3	3	1,14 ± 0,13		0,77 ± 0,13	
	4	3	1,12 ± 0,02		0,79 ± 0,05	
S090CII10	21	3	0,83 ± 0,15	0,91 ± 0,11	0,60 ± 0,05	0,66 ± 0,05
	22	3	1,00 ± 0,04		0,68 ± 0,02	
	23	3	0,96 ± 0,08		0,67 ± 0,08	
	24	3	0,86 ± 0,05		0,64 ± 0,03	
S085CII15	49	3	0,74 ± 0,22	0,73 ± 0,14	0,62 ± 0,01	0,64 ± 0,01
	50	3	0,62 ± 0,05		0,63 ± 0,03	
	51	3	0,74 ± 0,15		0,65 ± 0,02	
	52	3	0,83 ± 0,12		0,62 ± 0,01	
S080CII20	45	3	0,74 ± 0,07	0,66 ± 0,15	0,68 ± 0,01	0,72 ± 0,01
	46	3	0,57 ± 0,14		0,75 ± 0,01	
	47	3	0,75 ± 0,27		0,72 ± 0,01	
	48	3	0,59 ± 0,03		0,73 ± 0,02	
S075CII25	41	3	0,78 ± 0,04	0,56 ± 0,16	0,60 ± 0,01	0,60 ± 0,02
	42	3	0,55 ± 0,03		0,62 ± 0,03	
	43	3	0,51 ± 0,17		0,58 ± 0,01	
	44	3	0,41 ± 0,06		0,61 ± 0,04	

n – número de leituras

λ – Condutibilidade térmica

α – Difusividade térmica

± - Desvio padrão

S100 – Solo original 100%

S090CII10 - Solo com 10% cortiça 2-10

S085CII15 - Solo com 15% cortiça 2-10

S080CII20 - Solo com 20% cortiça 2-10

S075CII25 - Solo com 25% cortiça 2-10

No caso dos provetes com 25% granulado de cortiça 2-10 misturado no solo original, a condutibilidade térmica segundo as leituras no eixo X, esta diminui para 0,56 W/m.K (quadro 5.7) com um desvio padrão de 0,16 W/m.K (melhorando em comparação com os provetes com 25% de argila expandida), o que pode ser originado devido à irregularidade das faces (já que as faces são mais cavernosas) ou à menor condutibilidade térmica do granulado de cortiça.

5.3.2. – Comportamento térmico do solo original com granulado de cortiça 3-5

Os valores da condutibilidade térmica medida nos provetes de granulado de cortiça 3-5 melhoram (a condutibilidade térmica diminui) ligeiramente em comparação os valores obtidos nos provetes com 25% de argila expandida 2-4; contudo, a sua resistência à compressão é cerca de metade.

Os resultados constantes dos quadros 5.8 e 5.9 apresentam uma ligeira diferença na condutibilidade térmica devido à orientação do eixo de medição, sendo mais favoráveis os resultados obtidos segundo o eixo paralelo às camadas de compactação.

Quadro 5.8- Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 3-5 segundo o eixo Y

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10 ⁻⁶ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,10 ± 0,19	1,11 ± 0,23	0,72 ± 0,14	0,72 ± 0,14
	2	3	1,16 ± 0,33		0,74 ± 0,18	
	3	3	1,07 ± 0,28		0,72 ± 0,19	
	4	3	1,08 ± 0,11		0,67 ± 0,06	
S090CIII10	25	3	0,91 ± 0,02	0,82 ± 0,08	0,58 ± 0,02	0,55 ± 0,03
	26	3	0,72 ± 0,06		0,55 ± 0,00	
	27	3	0,84 ± 0,02		0,55 ± 0,01	
	28	3	0,81 ± 0,02		0,52 ± 0,02	
S085CIII15	29	3	0,85 ± 0,09	0,86 ± 0,13	0,53 ± 0,05	0,55 ± 0,08
	30	3	0,69 ± 0,03		0,45 ± 0,01	
	31	3	0,94 ± 0,06		0,60 ± 0,05	
	32	3	0,97 ± 0,12		0,62 ± 0,06	
S080CIII20	33	3	0,92 ± 0,09	0,78 ± 0,10	0,60 ± 0,01	0,53 ± 0,05
	34	3	0,68 ± 0,03		0,49 ± 0,04	
	35	3	0,74 ± 0,04		0,49 ± 0,04	
	36	3	0,80 ± 0,01		0,52 ± 0,03	
S075CIII25	37	3	0,86 ± 0,03	0,75 ± 0,09	0,57 ± 0,03	0,50 ± 0,06
	38	3	0,81 ± 0,07		0,51 ± 0,04	
	39	3	0,69 ± 0,06		0,45 ± 0,07	
	40	3	0,67 ± 0,01		0,45 ± 0,00	

n – número de leituras

λ – Condutibilidade térmica

α – Difusividade térmica

± - Desvio padrão

S100 – Solo original 100%

S090CIII10 - Solo com 10% cortiça 3-5

S085CIII15 - Solo com 15% cortiça 3-5

S080CIII20 - Solo com 20% cortiça 3-5

S075CIII25 - Solo com 25% cortiça 3-5

Quadro 5.9 - Leituras de condutibilidade térmica e de difusividade térmica nos provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 3-5 segundo o eixo X

	Amostra	n	λ (W/m.K)	Valor médio de λ	α (x10 ⁻⁶ m ² /s)	Valor médio de α
S100	1	3	1,01 ± 0,06	1,08 ± 0,11	0,66 ± 0,05	0,73 ± 0,09
	2	3	1,06 ± 0,11		0,73 ± 0,06	
	3	3	1,14 ± 0,13		0,77 ± 0,13	
	4	3	1,12 ± 0,02		0,79 ± 0,05	
S090CIII10	25	3	0,98 ± 0,12	0,93 ± 0,14	0,66 ± 0,08	0,65 ± 0,10
	26	3	0,92 ± 0,18		0,68 ± 0,10	
	27	3	0,96 ± 0,13		0,68 ± 0,12	
	28	3	0,86 ± 0,07		0,60 ± 0,07	
S085CIII15	29	3	0,96 ± 0,06	0,83 ± 0,11	0,61 ± 0,08	0,60 ± 0,09
	30	3	0,80 ± 0,01		0,53 ± 0,09	
	31	3	0,70 ± 0,05		0,61 ± 0,12	
	32	3	0,85 ± 0,07		0,64 ± 0,05	
S080CIII20	33	3	0,67 ± 0,19	0,72 ± 0,16	0,53 ± 0,10	0,55 ± 0,09
	34	3	0,68 ± 0,08		0,49 ± 0,04	
	35	3	0,62 ± 0,13		0,49 ± 0,04	
	36	3	0,88 ± 0,10		0,60 ± 0,09	
S075CIII25	37	3	0,62 ± 0,19	0,52 ± 0,21	0,57 ± 0,03	0,50 ± 0,06
	38	3	0,55 ± 0,22		0,51 ± 0,04	
	39	3	0,47 ± 0,22		0,45 ± 0,07	
	40	3	0,44 ± 0,18		0,45 ± 0,00	

n – número de leituras

λ – Condutibilidade térmica

α – Difusividade térmica

± - Desvio padrão

S100 – Solo original 100%

S090CIII10 - Solo com 10% cortiça 3-5

S085CIII15 - Solo com 15% cortiça 3-5

S080CIII20 - Solo com 20% cortiça 3-5

S075CIII25 - Solo com 25% cortiça 3-5

No caso dos provetes com 25% granulado de cortiça 3-5 misturado no solo original a condutibilidade térmica segundo leituras no eixo X (quadro 5.9), obtemos $\lambda=0,52$ W/m.K com um desvio padrão de 0,21 W/m.K, valor este, aceitável para obter um coeficiente transmissão térmica global, já muito próximo aos valores das paredes correntes construídas em alvenaria de tijolo com duplo pano e caixa de ar. Quanto a este valor há que ter em conta, que pode ter origem em algumas irregularidades das faces (já que as faces são mais cavernosas, logo há possibilidades de existência de ar).

5.4. - Coeficiente transmissão térmica

Para calcular o coeficiente transmissão térmica considerou-se uma parede constituída por taipa com 0,60m de espessura e reboco em ambos os paramentos. O reboco considerado é um reboco constituído por argamassa bastarda com 0,02m de espessura.

$$U = \frac{1}{R_{se} + \sum_j R_j + R_{si}} = \frac{1}{R_{se} + R_{reb} + R_{parede} + R_{reb} + R_{si}} \quad (5.1) \text{ (DL80/2006, 2006)}$$

U – Coeficiente transmissão térmica;

$R_{reb} = e_{reb} / \lambda_{reb}$;

$R_{parede} = e_{parede} / \lambda_{parede}$;

R_{se} – Resistência térmica da superfície opaca vertical exterior (0,04 m².K/W);

e_{reb} – espessura do reboco da parede (para o caso em estudo considerou-se uma espessura de reboco de 0,02 m de argamassa bastarda);

λ_{reb} – Condutibilidade térmica do reboco (argamassa bastarda $\lambda=0,8$ W/m.K);

e_{parede} – Espessura da parede (para o caso em estudou considerou-se uma parede com 0,6 m);

λ_{parede} – Condutibilidade térmica da parede (valor obtido nas medições térmicas aos provetes segundo eixo X);

R_{si} – Resistência térmica da superfície opaca vertical interior (0,13 m².K/W);

Através da equação (5.1) iremos obter os diferentes resultados do coeficiente transmissão térmica para cada um dos isolantes térmicos usados neste trabalho e obtido nas medições térmicas efectuadas nos provetes segundo o eixo X.

Condutibilidade térmica média (W/m.K)

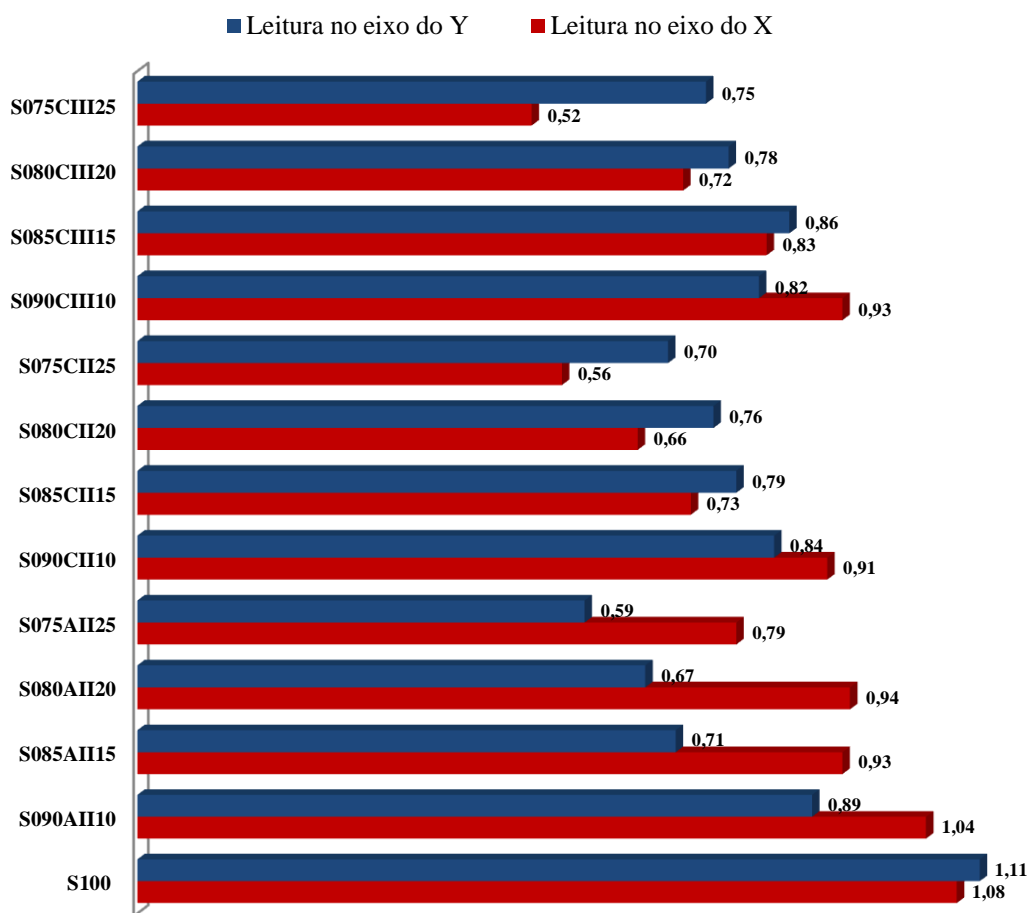


Figura 5 5 – Gráfico dos valores médios da condutibilidade

Referências dos Provetes:

- S100 – Solo original 100%
- S090A10 - Solo com 10% argila 2-4
- S085A15 - Solo com 15% argila 2-4
- S080A20 - Solo com 20% argila 2-4
- S075A25 - Solo com 55% argila 2-4
- S090CII10 - Solo com 10% cortiça 2-10
- S085CII15 - Solo com 15% cortiça 2-10
- S080CII20 - Solo com 20% cortiça 2-10
- S075CII25 - Solo com 25% cortiça 2-10
- S090CIII10 - Solo com 10% cortiça 3-5
- S085CIII15 - Solo com 15% cortiça 3-5
- S080CIII20 - Solo com 20% cortiça 3-5
- S075CIII25 - Solo com 25% cortiça 3-5

5.5. – Discussão de resultados

Segundo o RCCTE (DL80/2006, 2006), página 2513, quadro IX.3, para os elementos opacos de envolvente vertical exterior, em zona I_1 , o coeficiente transmissão térmica de referência é igual a $0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. O valor médio da condutibilidade térmica da taipa obtido nos ensaios foi de $\lambda=1,08 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (quadro 5.3), um pouco inferior ao mencionado no ITE 50 (Santos e Matias, 2006), quadro I.2 (página I.9) que é $\lambda=1,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. O cálculo de U é realizado através da equação matemática (5.1), obtendo assim o valor total de $U=1,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (coeficiente de transmissão térmica). Neste caso assumimos uma espessura de reboco de $0,02\text{m}$ (argamassa bastarda), tanto pelo exterior como pelo interior, com uma condutibilidade térmica de $\lambda=0,8 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (quadro I.2, página I.7, do ITE50 Santos e Matias, 2006) e uma espessura da parede de taipa de $0,6\text{m}$. Para a resistência térmica das superfícies considerou-se para o exterior o valor de $R_{se}=0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ e para a superfície interior $R_{si}=0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$, valores previstos pelo RCCTE; estes serão os valores sempre utilizados para o cálculo do coeficiente de transmissão térmica dos vários tipos de parede com as diferentes misturas.

Os materiais adicionados ao solo têm, no caso da argila expandida, uma condutibilidade térmica de $\lambda=0,11 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ e no caso do granulado de cortiça esse valor é de $\lambda=0,04025 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (dados fornecidos pelos fabricantes e que se encontram nos anexos figura A18.1 e A18.2 respectivamente).

Neste caso, em concreto, estamos abaixo do coeficiente transmissão térmica máximo que, segundo o quadro IX.1, página 2512, do DL80/2006 para a zona I_1 em elementos opacos verticais exteriores, é $U=1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; contudo, estamos acima de $U=0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ valor de referência para a zona climática considerada, segundo o RCCTE.

Para uma mistura de 25% de argila expandida 2-4 com 75% de solo, obtivemos $\lambda=0,79 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (quadro 5.5). Através da equação matemática (5.1) e obtivemos para a parede com as características construtivas um coeficiente transmissão térmica de $U=1,02 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Neste ensaio térmico com provetes com uma mistura de 25% de argila expandida no solo podemos concluir que o seu coeficiente de transmissão térmica melhora, mas fica ainda um pouco acima do recomendado no regulamento térmico. Quanto à sua resistência à compressão, situa-se acima dos 2 MPa que, segundo (Delgado e Guerrero, 2006) é um o valor aceitável.

Neste caso, o coeficiente transmissão térmica máximo segundo o quadro IX.1, página 2512 do DL80/2006 para a zona I_1 em elementos opacos verticais exteriores não deve ultrapassar $U=1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; contudo, estamos acima do $U=0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ recomendado.

Para uma mistura de 25% de granulado de cortiça 2-10 e 75% de solo obtivemos $\lambda=0,56 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (quadro 5.7) o que corresponde um coeficiente de transmissão térmica da parede tipo considerada $U=0,77 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Neste caso o U (coeficiente transmissão térmica máximo) é inferior ao valor máximo $U=1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ referido no quadro IX.1, página 2512 do DL-80/2006 para a zona I_1 em elementos opacos verticais exteriores estando ainda acima do valor de referência $U=0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Com os provetes de granulado de cortiça 2-10 a resistência térmica global da parede tipo considerada fica perto da recomendada, isto é, correspondente ao valor de referência para

elementos opacos verticais exteriores em zona climática I₁ pelo RCCTE. Mas a sua resistência à compressão diminui muito ficando perto de 1 MPa. O valor da resistência à compressão que fora obtido é cerca de terço do valor obtido para a mistura de 75% de solo e 25% de argila expandida, valores obtidos com provetes com ensaios de 28 dias.

Para uma adição de 25% de granulado de cortiça 3-5 no solo obtivemos um $\lambda=0,52$ W/m.K segundo o eixo X (quadro 5.9), com o qual se obteve um coeficiente de transmissão térmica da parede tipo de $U=0,73$ W/m².K, segundo a expressão (5.1). A resistência térmica global da parede tipo considerada fica perto da recomendada (corresponde ao valor de referência) para elementos opacos verticais em zona climática I₁ pelo RCCTE. Mas a resistência à compressão dos provetes diminui muito ficando perto de 1 MPa; comparativamente como os provetes de solo e solo mais argila expandida, fica a um terço da resistência à apresentada por estes últimos.

A resistência considerada neste trabalho para comparação com a recomendada por (Delgado e Guerrero, 2006), foi sempre a resistência média dos ensaios mecânicos nos provetes a mais de 28 dias, atendendo que os valores são em geral superiores aos obtidos nos ensaios a 21 dias.

Capítulo 6

Conclusões

6.1. – Análise e conclusões a retirar do trabalho

6.1.1 – Resultado de compressão simples

Os autores do livro “A construção em Terra” (Torgal, *et al.*, 2009) citam o gráfico adaptado por (Eusébio, 2001) que descreve a influência da estabilização quanto à resistência à compressão. O autor refere que, caso se utilize estabilizador no solo (cimento ou cal), a estabilização da resistência dá-se aos 21 dias de cura e que aos 28 dias a resistência é igual.

No caso deste trabalho a análise dos diversos gráficos dos ensaios aos 21 dias de cura e a mais de 28 dias mostra que a resistência aumenta entre 7 a 30% em alguns provetes; quanto à humidade residual dos provetes diminui cerca de 1% podendo ser uma das causas para esta alteração à resistência.

Como foi abordado no capítulo IV deste trabalho, existem provetes com mistura de granulado de cortiça que apresentam uma baixa resistência à compressão. Se tomarmos em consideração o autor (Delgado e Guerrero, 2006) o valor correspondente à resistência à compressão da taipa não estabilizada de média resistência é de 1,2 MPa (segundo quadro 2.3 apresentado no capítulo II). Atendendo ao valor de 1,2 MPa como valor mínimo para a resistência, temos a resistência dos provetes com adição de granulado de cortiça 3-5, com adição deste superior a 15% como não aceitável. Mesmo com melhorias na resistência térmica, não é aconselhável utilizar adição superior a esta percentagem pois a resistência à compressão é baixa (pode ser que utilizando adição de cimento para a estabilização, melhor os valores da resistência). Quanto aos provetes de argila expandida, a sua resistência mecânica em todas as percentagens é superior a 1,2 MPa, mas a melhoria térmica não é tão significativa quanto a que se verifica com granulado de cortiça.

6.1.2 – Resultados térmicos

Neste trabalho há que realçar que o valor máximo admitido pelo RCCTE para zonas I₁ é de $U=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ para elementos exteriores em zonas opacas verticais. Este valor não é ultrapassado em nenhum dos casos de estudo. No entanto, os valores calculados para o coeficiente de transmissão térmica da parede tipo considerado são sempre superiores ao valor de referência para elementos exteriores em zonas opacas verticais que segundo o RCCTE o qual é $U=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$.

No que concerne ao caso de uma parede tipo constituída de solo (taipa) e reboco em que se assumiu a espessura de reboco de 0,02m (argamassa bastarda) tanto pelo exterior como pelo interior e a espessura da parede de 0,6m obtivemos um $U=1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, valor este abaixo do

máximo regulamentar, mas muito acima do valor de referência, tornando assim muito difícil conseguir a satisfação das exigências do RCCTE no que diz respeito ao limite imposto para as necessidades nominais do aquecimento.

No caso da taipa constituída por uma mistura de 25% de argila expandida 2-4 e 75% de solo, obtemos um coeficiente transmissão térmica da parede de $U=1,02 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Os provetes com uma mistura de 25% de argila expandida, a resistência à compressão situa-se acima dos 2 MPa, que segundo (Delgado e Guerrero, 2006) é um valor aceitável.

Nos ensaios da mistura de 25% de granulado de cortiça 2-10 no solo obtém-se um coeficiente transmissão de térmica da parede de $U=0,77 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Mas a resistência à compressão diminui muito ficando próximo de 1 MPa. Comparativamente como os provetes de solo e de solo mais argila expandida, fica a um terço destes na sua capacidade de resistência.

Para os provetes com adição 25% de granulado de cortiça 3-5 no solo obtivemos um coeficiente de transmissão térmica da parede de $U=0,73 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Neste caso a sua resistência à compressão diminui muito ficando abaixo de 1 MPa. Comparativamente como os provetes de solo e de solo mais argila expandida, fica a um terço destes na sua capacidade de resistência.

A resistência considerada neste trabalho para comparação com a recomendada em “Earth Building in Spain” (Delgado e Guerrero, 2006), foi sempre a resistência média dos ensaios mecânicos nos provetes a mais de 28 dias, atendendo que os valores são em geral superiores aos obtidos nos ensaios a 21 dias.

No conjunto resistência à compressão e transmissão térmica, os valores que se consideram aceitáveis são os dos provetes com adição 20% de granulado de cortiça 2-10 no solo, em que obtivemos uma resistência média de 1,329 MPa (quadro A13.1) e um coeficiente de transmissão térmico de $U=0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, em que a condutibilidade térmica média obtida nos ensaios é de $\lambda=0,66 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (quadro 5.7). No que diz respeito aos provetes com adição superior a 15% de granulado de cortiça 3-5, apresentam um desempenho menor na resistência (quadro A15.1) e superior na condutibilidade térmica (quadro 5.9) comparativamente com os de granulado de cortiça 2-10.

6.2. – Desenvolvimento para o futuro

Através deste trabalho experimental podem retirar-se algumas conclusões. Em primeiro lugar passa pelo método utilizado para efetuar os provetes, onde não se conseguiu obter todas as faces as mais lisas possíveis, podendo assim ter havido uma influência das leituras térmicas. Relativamente à compactação poderá não ter sido a mais próxima da nova realidade da compactação do solo em obra, pois a compactação do solo influencia a sua resistência à compressão simples.

Volvidas algumas investigações neste trabalho, acaba por ser uma experiência positiva, nomeadamente a pesquisa bibliográfica efectuada deu para constatar que a construção em terra é um mundo e está espalhada pelos vários continentes de uma forma ou de outra, pois há várias formas de utilizar a terra como elemento principal na construção. Salientando ainda que enquanto o betão não foi “rei”, a terra foi a matéria principal da construção e que sem

regulamentação edificaram-se construções que chegaram até à nossa época, estando algumas classificadas como Património da Humanidade.

Outro ponto importante, é o impacto destas construções em termos ambientais. O transporte do solo era de distâncias pequenas e por tração animal não havendo assim tanta emissão de CO₂ pela construção em terra como na construção em betão. A exceção era da cal aérea utilizada nas camadas ou nas argamassas de acabamento. A emissão desta limitava-se à cozedura da cal nos fornos em que o combustível era renovável (biomassa).

Há também a salientar que podemos fazer mais para melhorar o comportamento térmico da construção em taipa, como o caso desenvolvido neste trabalho experimental. Futuramente aconselha-se que se construam pequenas paredes com estes isolantes ou até com outros e realizar o acabamento com as argamassas e medir a condutibilidade térmica do conjunto que pode influenciar os resultados. Os pequenos provetes, por vezes, apresentavam irregularidades dos materiais isolantes (mais os de granulado de cortiça) que ficavam pequenas concavidades que ao colocar a sonda para efetuar as medições pode existir ar entre esta e o local onde se realiza a medição, podendo assim influenciar os resultados da condutibilidade térmica medida.

Referências Bibliográficas

- AdP, Grupo Águas de Portugal 2011.
<http://www.adp.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=2866&t=ETAR-de-Evora-distinguida-com-premio-europeu-de-arquitetura>. [Online]
 [Acedido em 3 Dezembro 2011].
- ASTM, 2000. ASTM D1633-00 "*Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders*", Volume 04.02; Volume 04.08; Volume 04.09; Volume 03.01
- ASTM, 1987. ASTM D2487-85; ASTM D2488-84. "*Annual Book of ASTM Standards. Soils and Rock; Building Stones; Geotextiles*", Section 4, Volume 04.08.
- Bahar, R.; Benazzoug, M.; Kenai, S., 2004. *Performance of compacted cement-Stabilised solid*. s.l.:Cement & Concrete Composites.
- Balasco, A. B.; Travezano, J. L. A., 1999. *E.080 ADOBE "Norma Técnica de Edificación"*. Peru: E.080 ADOBE.
- Brito, J.; Gomes, M., 2005. "*Sismo - Reforço de construção de Terra Crua*", *Terra em Seminário - IV Seminário Ibero-Americano de Construção em Terra e III Seminário de Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumento.
- British Standard Institution, 1990. "*Method of test for soils for civil engineering purposes*" (BS 1377 Part :2), London.
- Caldas, L. G., 2010. *Manual de Boas Práticas*. Universidade Técnica Lisboa ed. Lisboa: Faculdade de Arquitectura.
- CMAS, Camara Municipal de Alcaccer do Sal -, 2007. <http://www.cm-alcacerdosal.pt/PT/Concelho/Patrimonio/PatrimonioArquitetonico/Militar/Paginas/CastelodeAlcacerdoSal.aspx>. [Online]
 [Acedido em 9 Dezembro 2011].
- Correia, M., 2004. *Fortificações Islâmicas em Taipa Militar*. Revista Pedra & Cal, Outubro, Novembro, Dezembro, Volume 24, p. 16.
- Correia, M., 2007. *Taipa no Alentejo - Rammed Earth in Alentejo*. Lisboa: Argumentum.
- Delgado, M. C. J.; Guerrero, I. C., 2006. *Earth building in Spain*", *Departamento de Construcción y Vias Rurales, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- DL80/2006, 2006. *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*. Diário da República, Volume I SERIE-A, pp. 2468-2513.
- Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitrox, F., 1979. *Construire em Terre*. France: CRATerre - Ecolo d'Architecture de Grenoble.
- E-16, 1953. Solos: *Determinação do teor de humidade de um solo*. [Lisboa] LNEC

E-201, 1967. Solos: *Determinação do teor em matéria orgânica*. [Lisboa] LNEC

Eusébio, A., 2001. *Reabilitação e Melhoramento de Paredes de Terra Crua - Taipa*. Lisboa: Tese de Mestrado em Construção - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.

Fernandes, M., 2006. *Técnicas de construção em terra*.

http://www.baukultur.pt/ficheiros_artigos%5CT%C3%A9cnicas%20de%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20em%20Terra%281%29.pdf [Online]

[Acedido em 19 Novembro 2011].

Fernandes, M., 2010. Construção em terra é alternativa económica e sustentável

<http://www.construir.pt/2010/02/15/arquitectura-construcao-em-terra-e-alternativa-economica-e-sustentavel/>. [Online]

[Acedido em 4 Novembro 2011].

Google_earth, 2006. [Online]

[Acedido em 5 Janeiro 2012].

Hilti, 2009. http://www.hilti.pt/holpt/page/module/home/browse_main.jsf?lang=pt&nodeId=-150715.

[Online]

[Acedido em 20 Novembro 2012].

Holtz, R. D.; Kovacs, W. D., 1991. *Introducion à la Géotechnique*. Montreal: Editios de l'Ecole Polytechnique de Montreal.

Houben, H.; Guillard, H., 2006. *Traité de Construction en Terre*. Marseille: Parenthèse.

Jones, P., 2002. <http://www.paulojones.com/tecnicas/taipa.php>. [Online]

[Acedido em 12 Novembro 2011].

Jorge, F.; Fernandes, M.; Correia, M., 2005. *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumentum.

Lusa, 2011. *Construção em terra é alternativa económica e sustentável*

<http://www.construir.pt/2010/02/15/arquitectura-construcao-em-terra-e-alternativa-economica-e-sustentavel/>. [Online]

[Acedido em 12 Novembro 2012].

Moran, E., 1984. *Uso del Terrocemento en la Constructcción de Vivenda de Bajo Custo*. Quito: Tesi de Grado - Facultad de Ingenieria Civil - Pontifica Universidad Católica del Equador.

Motta, M., 1997. *Construções Rurais em Alvenaria de Terra Crua no Baixo Alentejo*. Lisboa: Tese de Mestrado - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.

Nelson, A., 2006. *Curso de taipa em Cabaços*

<http://permaculturaportugal.ning.com/photo/cursotaipacabacosjulho2006-33?context=album&albumId=2722171%3AAlbum%3A35963>. [Online]

[Acedido em 14 Novembro 2011].

New México, C., 2003. *New Mexico Earthen Buildings Materials Code*. Estados Unidos da América: Construction Industries Division of the Regultion and Licensing Department.

- NP 83, 1965. *Solos - Determinação da densidade das partículas*. [Lisboa] 2ª edição
- NP 84, 1965. *Solos - Determinação do teor em água*. [Lisboa] 1ª edição
- NP 143, 1969. *Solos - Determinação de limites de consistência* [Lisboa] 2ª edição
- NZ4297, 1998. *Engineering Design of Earth Buildings*. Nova Zelândia: Earth Building Association of New Zealand.
- NZ4298, 1998. *Materials and Workmanship For Earth Buildings*. Nova Zelândia: Earth Building Association of New Zealand.
- NZ4299, 1998. *Earth Buildings Not Requiring Specific Design*. Nova Zelândia: Earth Building Association of New Zealand.
- Oliveira, J., 1992. Notícia Explicativa da Folha 8. In: *Notícia Explicativa da Folha 8*. Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal, p. 31.
- Parreira, D. J. S., 2007. *Análise Sísmica de uma Construção em Taipa - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Pneumatic, C., 2011. <http://products.cp.com/>. [Online] [Acedido em 15 Dezembro 2011].
- Quaresma, A. M., 2011. <http://www.alvalade.info>. [Online] [Acedido em 12 Novembro 2011].
- Rocha, M., 2005. *"Taipa na arquitectura tradicional: técnica construtiva"*, *Arquitectura de Terra em Portugal*. Lisboa: Argumento.
- Rosa dos Ventos, 2004. http://www.c2com.up.pt/blog/rosadosventos/2004/07/02/castelo_de_paderne.html. [Online] [Acedido em 10 Novembro 2011].
- RSA, 2005. *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*. Porto: Porto Editora.
- Santos, C. A. P. dos; Matias, L., 2006. *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*. Lisboa: LNEC.
- Schreck, H., 2010. *Viver em Casa de Terra*. Arquitectura, Novembro e Dezembro. pp. 42-45.
- Torgal, F. P., 2011. Quais os verdadeiros impactos ambientais do betão? <http://greensavers.sapo.pt/2011/02/16/artigo-de-opiniao-de-fernando-torgal-quais-os-verdadeiros-impactos-ambientais-do-betao/> [Online] [Acedido em 21 Novembro 2011].
- Torgal, F. P.; Eires, R. M.; Jalali, S., 2009. *A Construção em Terra*. Guimarães: Universidade Minho. Torgal, F. P.; Jalali, S., 2009. Construção em Terra: Algumas Considerações sobre a Selecção de Solos. *C-TAC - Comunicações a Conferências Nacionais*, 10 Novembro.
- Torgal, F. P.; Jalali, S., 2010. *Considerações sobre a sustentabilidade dos materiais de construção* <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>. [Online]

Available at: <http://hdl.handle.net/1822/13957>

[Acedido em 20 Novembro 2011].

Varandas, J., 2004. *Construção em taipa de réplica*. Pedra & Cal, Volume 24, p. 26.

Wang, L.; Zhou, X.; Wei, X., 2008. *Heat Conduction Mathematical Models and Analytical Solution*. s.l.:Springer.

Anexos

Anexo A1 - Gráficos de ensaios geotécnicos

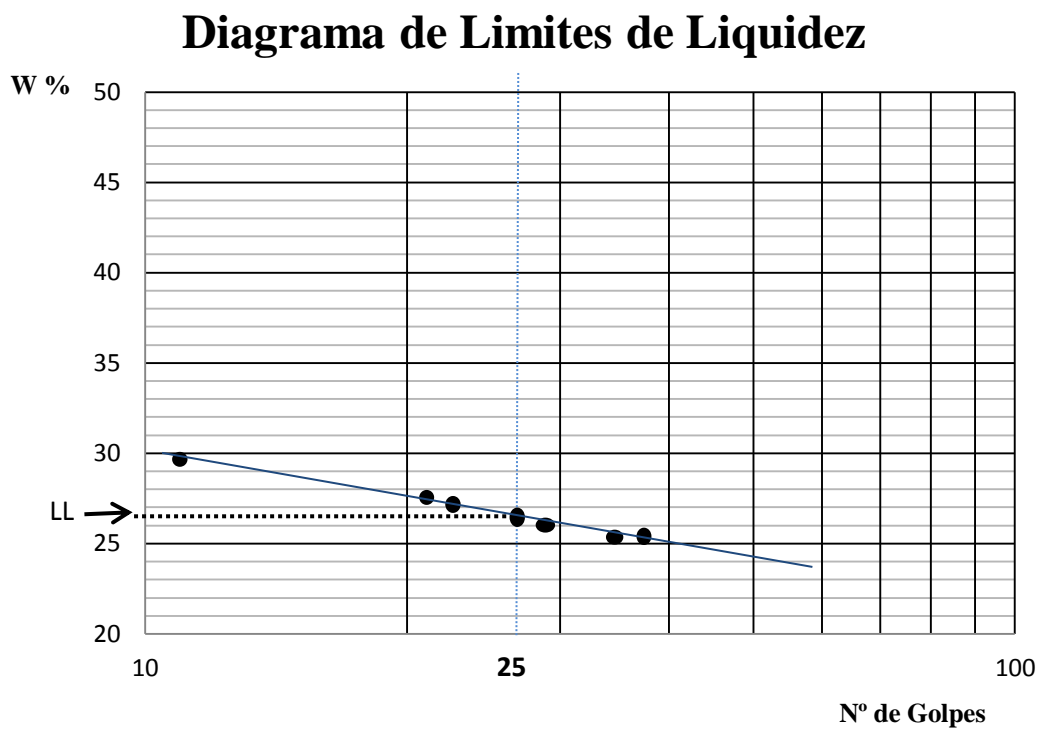


Figura A1.1- Diagrama de limites de liquidez

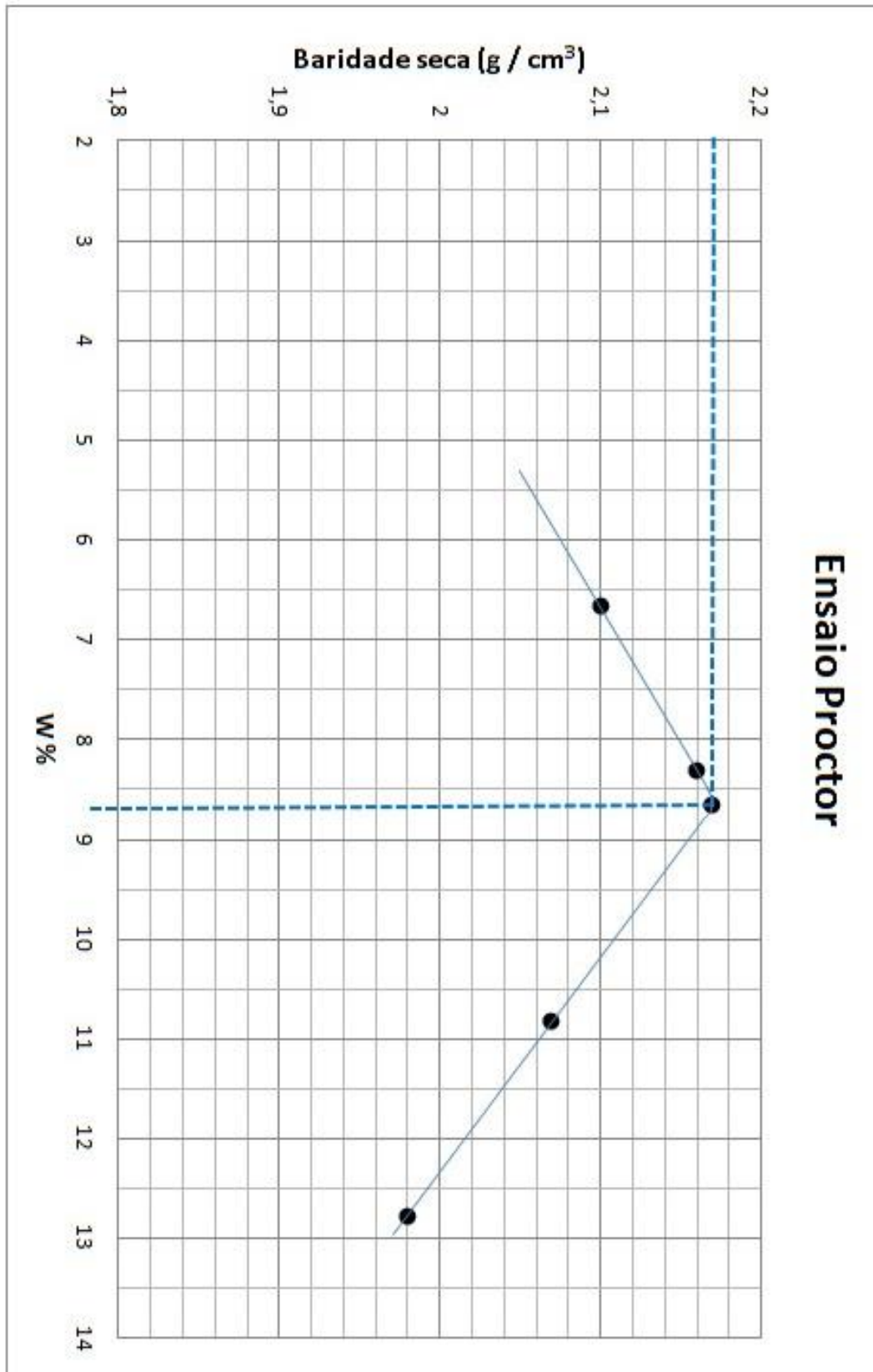


Figura A1.2 – Gráfico do ensaio Proctor

Anexo A2 - Dados dos ensaios de compressão dos provetes de 100% solo aos 21 dias de cura

Quadro A2.1 – Ensaio compressão em provete 100% de solo

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/01/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo 100%			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2302,76 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2166,66 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,28%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	829	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	840	11	0,11
0,67	25	115,10	1,13	112,88	0,113	842	13	0,13
1	37	170,35	1,67	167,06	0,167	875	46	0,46
1,33	61	280,84	2,75	275,42	0,275	955	126	1,26
1,67	95	437,38	4,29	428,94	0,429	965	136	1,36
2	120	552,48	5,42	541,82	0,542	980	151	1,51
2,33	165	759,66	7,45	745,00	0,745	990	161	1,61
2,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	1005	176	1,76
3	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	1018	189	1,89
3,33	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	1035	206	2,06
3,67	283	1302,93	12,78	1277,79	1,278	1044	215	2,15
4	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	1058	229	2,29
4,33	324	1491,70	14,63	1462,91	1,463	1069	240	2,4
4,67	341	1569,96	15,40	1539,66	1,540	1080	251	2,51
5	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	1089	260	2,6
5,33	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	1096	267	2,67
5,67	356	1639,02	16,07	1607,39	1,607	1100	271	2,71
6	351	1616,00	15,85	1584,82	1,585	1101	272	2,72
6,33	342	1574,57	15,44	1544,18	1,544	1098	269	2,69
6,67	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	1087	258	2,58
7	299	1376,60	13,50	1350,03	1,350	1075	246	2,46

Quadro A2.2 – Ensaio compressão em provete 100% de solo

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/01/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = $9,807 \times 10^{-3}$ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo 100%			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10^{-3} MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2337,55 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2193,87 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,55%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	1015	0	0
0,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	1035	20	0,2
0,67	30	138,12	1,35	135,45	0,135	1045	30	0,3
1	70	322,28	3,16	316,06	0,316	1060	45	0,45
1,33	115	529,46	5,19	519,24	0,519	1075	60	0,6
1,67	165	759,66	7,45	745,00	0,745	1090	75	0,75
2	224	1031,30	10,11	1011,39	1,011	1110	95	0,95
2,33	287	1321,35	12,96	1295,85	1,296	1125	110	1,1
2,67	340	1565,36	15,35	1535,15	1,535	1145	130	1,3
3	400	1841,60	18,06	1806,06	1,806	1160	145	1,45
3,33	460	2117,84	20,77	2076,97	2,077	1180	165	1,65
3,67	510	2348,04	23,03	2302,72	2,303	1190	175	1,75
4	558	2569,03	25,19	2519,45	2,519	1210	195	1,95
4,33	595	2739,38	26,87	2686,51	2,687	1222	207	2,07
4,67	616	2836,06	27,81	2781,33	2,781	1230	215	2,15
5	615	2831,46	27,77	2776,81	2,777	1235	220	2,2
5,33	500	2302,00	22,58	2257,57	2,258	1180	165	1,65
5,67	450	2071,80	20,32	2031,81	2,032	1165	150	1,5
6	370	1703,48	16,71	1670,60	1,671	1150	135	1,35
6,33	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	1120	105	1,05
6,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	1110	95	0,95
7	170	782,68	7,68	767,57	0,768	1100	85	0,85

Quadro A2.3 – Ensaio compressão em provete 100% de solo

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/01/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo 100%			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2281,10 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2146,28 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,28%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	870	0	0
0,33	20	92,08	0,90	90,30	0,090	890	20	0,2
0,67	27	124,31	1,22	121,91	0,122	905	35	0,35
1	31	142,72	1,40	139,97	0,140	919	49	0,49
1,33	60	276,24	2,71	270,91	0,271	930	60	0,6
1,67	88	405,15	3,97	397,33	0,397	940	70	0,7
2	119	547,88	5,37	537,30	0,537	950	80	0,8
2,33	152	699,81	6,86	686,30	0,686	958	88	0,88
2,67	183	842,53	8,26	826,27	0,826	965	95	0,95
3	218	1003,67	9,84	984,30	0,984	975	105	1,05
3,33	249	1146,40	11,24	1124,27	1,124	985	115	1,15
3,67	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	992	122	1,22
4	309	1422,64	13,95	1395,18	1,395	1000	130	1,3
4,33	336	1546,94	15,17	1517,09	1,517	1005	135	1,35
4,67	358	1648,23	16,16	1616,42	1,616	1014	144	1,44
5	373	1717,29	16,84	1684,15	1,684	1022	152	1,52
5,33	384	1767,94	17,34	1733,81	1,734	1028	158	1,58
5,67	385	1772,54	17,38	1738,33	1,738	1035	165	1,65
6	381	1754,12	17,20	1720,27	1,720	1042	172	1,72
6,33	368	1694,27	16,62	1661,57	1,662	1045	175	1,75
6,67	344	1583,78	15,53	1553,21	1,553	1050	180	1,8
7	282	1298,33	12,73	1273,27	1,273	1035	165	1,65

Anexo A3 – Dados dos ensaios de provetes de solo com argila expandida 2-4 aos 21 dias

Quadro A3.1 – Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/01/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provetete tipo: Provetete 1 - Solo com 10% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provetete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provetete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetete quando efetuado: 2170,19 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetete no dia do ensaio: 2037,86 g			
Data de realização do Provetete: 05/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,49%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	966	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	968	2	0,02
0,67	9	41,44	0,41	40,64	0,041	969	3	0,03
1	20	92,08	0,90	90,30	0,090	970	4	0,04
1,33	49	225,60	2,21	221,24	0,221	971	5	0,05
1,67	87	400,55	3,93	392,82	0,393	977	11	0,11
2	135	621,54	6,10	609,54	0,610	981	15	0,15
2,33	184	847,14	8,31	830,79	0,831	990	24	0,24
2,67	219	1008,28	9,89	988,82	0,989	1005	39	0,39
3	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	1018	52	0,52
3,33	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	1030	64	0,64
3,67	342	1574,57	15,44	1544,18	1,544	1046	80	0,8
4	382	1758,73	17,25	1724,78	1,725	1058	92	0,92
4,33	412	1896,85	18,60	1860,24	1,860	1071	105	1,05
4,67	451	2076,40	20,36	2036,33	2,036	1082	116	1,16
5	471	2168,48	21,27	2126,63	2,127	1093	127	1,27
5,33	485	2232,94	21,90	2189,84	2,190	1102	136	1,36
5,67	486	2237,54	21,94	2194,36	2,194	1106	140	1,4
6	471	2168,48	21,27	2126,63	2,127	1108	142	1,42
6,33	437	2011,95	19,73	1973,12	1,973	1098	132	1,32
6,67	396	1823,18	17,88	1788,00	1,788	1078	112	1,12
7	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	1040	74	0,74

Quadro A3.2 – Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/01/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provetes tipo: Provetes 4 - Solo com 10% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provetes: 0,01 m ²			
Dimensões do Provetes: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetes quando efetuado: 2295,87 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetes no dia do ensaio: 2067,33 g			
Data de realização do Provetes: 05/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,22%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	778	0	0
0,33	13	59,85	0,59	58,70	0,059	800	22	0,22
0,67	38	174,95	1,72	171,58	0,172	830	52	0,52
1	67	308,47	3,03	302,51	0,303	870	92	0,92
1,33	112	515,65	5,06	505,70	0,506	885	107	1,07
1,67	152	699,81	6,86	686,30	0,686	898	120	1,2
2	191	879,36	8,62	862,39	0,862	912	134	1,34
2,33	234	1077,34	10,57	1056,54	1,057	923	145	1,45
2,67	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	935	157	1,57
3	332	1528,53	14,99	1499,03	1,499	945	167	1,67
3,33	367	1689,67	16,57	1657,06	1,657	960	182	1,82
3,67	399	1837,00	18,02	1801,54	1,802	970	192	1,92
4	434	1998,14	19,60	1959,57	1,960	983	205	2,05
4,33	463	2131,65	20,91	2090,51	2,091	994	216	2,16
4,67	485	2232,94	21,90	2189,84	2,190	1008	230	2,3
5	494	2274,38	22,30	2230,48	2,230	1022	244	2,44
5,33	494	2274,38	22,30	2230,48	2,230	1042	264	2,64
5,67	461	2122,44	20,81	2081,48	2,081	1042	264	2,64
6	440	2025,76	19,87	1986,66	1,987	1038	260	2,6
6,33	397	1827,79	17,93	1792,51	1,793	1020	242	2,42
6,67	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	980	202	2,02
7	200	920,80	9,03	903,03	0,903	930	152	1,52

Quadro A3.3 – Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/01/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provetes tipo: Provetes 7 - Solo com 10% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provetes: 0,01 m ²			
Dimensões do Provetes: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetes quando efetuado: 2111,03 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetes no dia do ensaio: 1989,95 g			
Data de realização do Provetes: 05/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,08%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	859	0	0
0,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	880	21	0,21
0,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	895	36	0,36
1	75	345,30	3,39	338,64	0,339	910	51	0,51
1,33	109	501,84	4,92	492,15	0,492	920	61	0,61
1,67	154	709,02	6,95	695,33	0,695	935	76	0,76
2	203	934,61	9,17	916,57	0,917	945	86	0,86
2,33	253	1164,81	11,42	1142,33	1,142	958	99	0,99
2,67	293	1348,97	13,23	1322,94	1,323	972	113	1,13
3	343	1579,17	15,49	1548,69	1,549	982	123	1,23
3,33	379	1744,92	17,11	1711,24	1,711	995	136	1,36
3,67	412	1896,85	18,60	1860,24	1,860	1005	146	1,46
4	443	2039,57	20,00	2000,21	2,000	1012	153	1,53
4,33	458	2108,63	20,68	2067,94	2,068	1023	164	1,64
4,67	460	2117,84	20,77	2076,97	2,077	1034	175	1,75
5	446	2053,38	20,14	2013,75	2,014	1042	183	1,83
5,33	409	1883,04	18,47	1846,69	1,847	1047	188	1,88
5,67	369	1698,88	16,66	1666,09	1,666	1047	188	1,88
6	326	1500,90	14,72	1471,94	1,472	1041	182	1,82
6,33	274	1261,50	12,37	1237,15	1,237	1025	166	1,66
6,67	229	1054,32	10,34	1033,97	1,034	1010	151	1,51
7	192	883,97	8,67	866,91	0,867	995	136	1,36

Quadro A3.4 – Ensaio de compressão em provete de solo com 15% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provetes tipo: Provetes 3 - Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provetes: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provetes: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetes quando efetuado: 2018,78 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetes no dia do ensaio: 1894,30 g			
Data de realização do Provetes: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,57%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	859	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	880	21	0,21
0,67	16	73,66	0,72	72,24	0,072	895	36	0,36
1	47	216,39	2,12	212,21	0,212	910	51	0,51
1,33	89	409,76	4,02	401,85	0,402	920	61	0,61
1,67	132	607,73	5,96	596,00	0,596	935	76	0,76
2	184	847,14	8,31	830,79	0,831	945	86	0,86
2,33	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	958	99	0,99
2,67	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	972	113	1,13
3	334	1537,74	15,08	1508,06	1,508	982	123	1,23
3,33	376	1731,10	16,98	1697,69	1,698	995	136	1,36
3,67	409	1883,04	18,47	1846,69	1,847	1005	146	1,46
4	423	1947,49	19,10	1909,91	1,910	1012	153	1,53
4,33	447	2057,99	20,18	2018,27	2,018	1023	164	1,64
4,67	458	2108,63	20,68	2067,94	2,068	1034	175	1,75
5	431	1984,32	19,46	1946,03	1,946	1042	183	1,83
5,33	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	1047	188	1,88
5,67	378	1740,31	17,07	1706,72	1,707	1047	188	1,88
6	312	1436,45	14,09	1408,72	1,409	1041	182	1,82
6,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	1025	166	1,66
6,67	210	966,84	9,48	948,18	0,948	1010	151	1,51
7	158	727,43	7,13	713,39	0,713	995	136	1,36

Quadro A3.5– Ensaio de compressão em provete de solo com 15% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1905,17 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1793,10 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,25%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	892	0	0
0,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	910	18	0,18
0,67	24	110,50	1,08	108,36	0,108	922	30	0,3
1	57	262,43	2,57	257,36	0,257	933	41	0,41
1,33	99	455,80	4,47	447,00	0,447	944	52	0,52
1,67	144	662,98	6,50	650,18	0,650	960	68	0,68
2	194	893,18	8,76	875,94	0,876	972	80	0,8
2,33	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	987	95	0,95
2,67	297	1367,39	13,41	1341,00	1,341	1002	110	1,1
3	345	1588,38	15,58	1557,72	1,558	1015	123	1,23
3,33	384	1767,94	17,34	1733,81	1,734	1025	133	1,33
3,67	418	1924,47	18,87	1887,33	1,887	1032	140	1,4
4	443	2039,57	20,00	2000,21	2,000	1035	143	1,43
4,33	451	2076,40	20,36	2036,33	2,036	1038	146	1,46
4,67	449	2067,20	20,27	2027,30	2,027	1038	146	1,46
5	413	1901,45	18,65	1864,75	1,865	1034	142	1,42
5,33	358	1648,23	16,16	1616,42	1,616	1018	126	1,26
5,67	294	1353,58	13,27	1327,45	1,327	998	106	1,06
6	241	1109,56	10,88	1088,15	1,088	984	92	0,92
6,33	198	911,59	8,94	894,00	0,894	975	83	0,83
6,67	160	736,64	7,22	722,42	0,722	965	73	0,73
7	130	598,52	5,87	586,97	0,587	955	63	0,63

Quadro A3.6 – Ensaio de compressão em provete de solo com 15% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 KPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1994,58 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1878,80 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,16%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (t) kPa	Tensão (t) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	839	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	864	25	0,25
0,67	16	73,66	0,72	72,24	0,072	878	39	0,39
1	48	220,99	2,17	216,73	0,217	890	51	0,51
1,33	83	382,13	3,75	374,76	0,375	905	66	0,66
1,67	125	575,50	5,64	564,39	0,564	920	81	0,81
2	273	1256,89	12,33	1232,63	1,233	935	96	0,96
2,33	324	1491,70	14,63	1462,91	1,463	950	111	1,11
2,67	375	1726,50	16,93	1693,18	1,693	965	126	1,26
3	418	1924,47	18,87	1887,33	1,887	982	143	1,43
3,33	457	2104,03	20,63	2063,42	2,063	998	159	1,59
3,67	489	2251,36	22,08	2207,90	2,208	1012	173	1,73
4	508	2338,83	22,94	2293,69	2,294	1026	187	1,87
4,33	514	2366,46	23,21	2320,78	2,321	1035	196	1,96
4,67	508	2338,83	22,94	2293,69	2,294	1045	206	2,06
5	514	2366,46	23,21	2320,78	2,321	1051	212	2,12
5,33	500	2302,00	22,58	2257,57	2,258	1053	214	2,14
5,67	468	2154,67	21,13	2113,09	2,113	1053	214	2,14
6	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	1048	209	2,09
6,33	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	1038	199	1,99
6,67	285	1312,14	12,87	1286,82	1,287	1015	176	1,76
7	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	995	156	1,56

Quadro A3.7– Ensaio de compressão em provete de solo com 20% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1995,53 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1880,30 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,13%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	995	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	1010	15	0,15
0,67	11	50,64	0,50	49,67	0,050	1009	14	0,14
1	43	197,97	1,94	194,15	0,194	1012	17	0,17
1,33	74	340,70	3,34	334,12	0,334	1025	30	0,3
1,67	117	538,67	5,28	528,27	0,528	1040	45	0,45
2	168	773,47	7,59	758,54	0,759	1058	63	0,63
2,33	217	999,07	9,80	979,79	0,980	1073	78	0,78
2,67	267	1229,27	12,06	1205,54	1,206	1090	95	0,95
3	322	1482,49	14,54	1453,88	1,454	1108	113	1,13
3,33	373	1717,29	16,84	1684,15	1,684	1025	30	0,3
3,67	420	1933,68	18,96	1896,36	1,896	1043	48	0,48
4	458	2108,63	20,68	2067,94	2,068	1062	67	0,67
4,33	489	2251,36	22,08	2207,90	2,208	1082	87	0,87
4,67	514	2366,46	23,21	2320,78	2,321	1200	205	2,05
5	526	2421,70	23,75	2374,97	2,375	1218	223	2,23
5,33	527	2426,31	23,79	2379,48	2,379	1231	236	2,36
5,67	507	2334,23	22,89	2289,18	2,289	1235	240	2,4
6	459	2113,24	20,72	2072,45	2,072	1215	220	2,2
6,33	315	1450,26	14,22	1422,27	1,422	1120	125	1,25
6,67	222	1022,09	10,02	1002,36	1,002	1082	87	0,87
7	187	860,95	8,44	844,33	0,844	1062	67	0,67

Quadro A3.8 – Ensaio de compressão em provete de solo com 15% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2049,37 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1925,98 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,41%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	814	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	854	40	0,4
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	872	58	0,58
1	37	170,35	1,67	167,06	0,167	885	71	0,71
1,33	68	313,07	3,07	307,03	0,307	900	86	0,86
1,67	108	497,23	4,88	487,64	0,488	915	101	1,01
2	148	681,39	6,68	668,24	0,668	930	116	1,16
2,33	196	902,38	8,85	884,97	0,885	945	131	1,31
2,67	249	1146,40	11,24	1124,27	1,124	961	147	1,47
3	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	974	160	1,6
3,33	354	1629,82	15,98	1598,36	1,598	987	173	1,73
3,67	407	1873,83	18,38	1837,66	1,838	1002	188	1,88
4	448	2062,59	20,23	2022,78	2,023	1012	198	1,98
4,33	485	2232,94	21,90	2189,84	2,190	1020	206	2,06
4,67	518	2384,87	23,39	2338,84	2,339	1023	209	2,09
5	535	2463,14	24,16	2415,60	2,416	1022	208	2,08
5,33	534	2458,54	24,11	2411,09	2,411	1008	194	1,94
5,67	517	2380,27	23,34	2334,33	2,334	998	184	1,84
6	480	2209,92	21,67	2167,27	2,167	968	154	1,54
6,33	417	1919,87	18,83	1882,81	1,883	953	139	1,39
6,67	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	950	136	1,36
7	252	1160,21	11,38	1137,82	1,138	945	131	1,31

Quadro A3.9 – Ensaio de compressão em provete de solo com 20% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2042,34 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1918,90 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 6,43%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	879	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	893	14	0,14
0,67	17	78,27	0,77	76,76	0,077	903	24	0,24
1	43	197,97	1,94	194,15	0,194	923	44	0,44
1,33	79	363,72	3,57	356,70	0,357	941	62	0,62
1,67	119	547,88	5,37	537,30	0,537	959	80	0,8
2	165	759,66	7,45	745,00	0,745	978	99	0,99
2,33	214	985,26	9,66	966,24	0,966	993	114	1,14
2,67	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	1010	131	1,31
3	319	1468,68	14,40	1440,33	1,440	1026	147	1,47
3,33	370	1703,48	16,71	1670,60	1,671	1042	163	1,63
3,67	417	1919,87	18,83	1882,81	1,883	1055	176	1,76
4	461	2122,44	20,81	2081,48	2,081	1063	184	1,84
4,33	492	2265,17	22,21	2221,45	2,221	1071	192	1,92
4,67	518	2384,87	23,39	2338,84	2,339	1075	196	1,96
5	522	2403,29	23,57	2356,90	2,357	1075	196	1,96
5,33	515	2371,06	23,25	2325,30	2,325	1067	188	1,88
5,67	484	2228,34	21,85	2185,33	2,185	1053	174	1,74
6	429	1975,12	19,37	1937,00	1,937	1035	156	1,56
6,33	357	1643,63	16,12	1611,91	1,612	1013	134	1,34
6,67	287	1321,35	12,96	1295,85	1,296	988	109	1,09
7	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	966	87	0,87

Quadro A3.10– Ensaio de compressão em provete de solo com 25% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provetes tipo: Provetes 2 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provetes: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provetes: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetes quando efetuado: 1867,71 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetes no dia do ensaio: 1770,55 g			
Data de realização do Provetes: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,49%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	756	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	785	29	0,29
0,67	2	9,21	0,09	9,03	0,009	815	59	0,59
1	3	13,81	0,14	13,55	0,014	843	87	0,87
1,33	6	27,62	0,27	27,09	0,027	868	112	1,12
1,67	14	64,46	0,63	63,21	0,063	892	136	1,36
2	40	184,16	1,81	180,61	0,181	912	156	1,56
2,33	77	354,51	3,48	347,67	0,348	932	176	1,76
2,67	124	570,90	5,60	559,88	0,560	952	196	1,96
3	174	801,10	7,86	785,63	0,786	970	214	2,14
3,33	218	1003,67	9,84	984,30	0,984	990	234	2,34
3,67	271	1247,68	12,24	1223,60	1,224	1010	254	2,54
4	323	1487,09	14,58	1458,39	1,458	1030	274	2,74
4,33	373	1717,29	16,84	1684,15	1,684	1048	292	2,92
4,67	412	1896,85	18,60	1860,24	1,860	1065	309	3,09
5	450	2071,80	20,32	2031,81	2,032	1082	326	3,26
5,33	478	2200,71	21,58	2158,24	2,158	1098	342	3,42
5,67	492	2265,17	22,21	2221,45	2,221	1115	359	3,59
6	491	2260,56	22,17	2216,94	2,217	1128	372	3,72
6,33	430	1979,72	19,42	1941,51	1,942	1180	424	4,24
6,67	423	1947,49	19,10	1909,91	1,910	1123	367	3,67
7	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	1090	334	3,34

Quadro A3.11 – Ensaio de compressão em provete de solo com 25% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1879,65 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1780,20 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,59%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	880	0	0
0,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	905	25	0,25
0,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	925	45	0,45
1	68	313,07	3,07	307,03	0,307	942	62	0,62
1,33	110	506,44	4,97	496,67	0,497	957	77	0,77
1,67	162	745,85	7,31	731,45	0,731	972	92	0,92
2	215	989,86	9,71	970,76	0,971	992	112	1,12
2,33	262	1206,25	11,83	1182,97	1,183	1008	128	1,28
2,67	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	1025	145	1,45
3	369	1698,88	16,66	1666,09	1,666	1042	162	1,62
3,33	418	1924,47	18,87	1887,33	1,887	1055	175	1,75
3,67	453	2085,61	20,45	2045,36	2,045	1069	189	1,89
4	485	2232,94	21,90	2189,84	2,190	1082	202	2,02
4,33	504	2320,42	22,76	2275,63	2,276	1091	211	2,11
4,67	510	2348,04	23,03	2302,72	2,303	1099	219	2,19
5	498	2292,79	22,49	2248,54	2,249	1102	222	2,22
5,33	465	2140,86	21,00	2099,54	2,100	1101	221	2,21
5,67	408	1878,43	18,42	1842,18	1,842	1078	198	1,98
6	328	1510,11	14,81	1480,97	1,481	1045	165	1,65
6,33	269	1238,48	12,15	1214,57	1,215	1020	140	1,4
6,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	998	118	1,18
7	172	791,89	7,77	776,60	0,777	981	101	1,01

Quadro A3.12 – Ensaio de compressão em provete de solo com 25% argila expandida 2-4

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x 10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1986,20 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1880,85 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,60%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	887	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	910	23	0,23
0,67	33	151,93	1,49	149,00	0,149	925	38	0,38
1	70	322,28	3,16	316,06	0,316	943	56	0,56
1,33	115	529,46	5,19	519,24	0,519	960	73	0,73
1,67	156	718,22	7,04	704,36	0,704	975	88	0,88
2	205	943,82	9,26	925,60	0,926	992	105	1,05
2,33	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	1008	121	1,21
2,67	308	1418,03	13,91	1390,66	1,391	1025	138	1,38
3	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	1040	153	1,53
3,33	402	1850,81	18,15	1815,09	1,815	1053	166	1,66
3,67	440	2025,76	19,87	1986,66	1,987	1068	181	1,81
4	478	2200,71	21,58	2158,24	2,158	1080	193	1,93
4,33	508	2338,83	22,94	2293,69	2,294	1088	201	2,01
4,67	528	2430,91	23,84	2384,00	2,384	1091	204	2,04
5	535	2463,14	24,16	2415,60	2,416	1091	204	2,04
5,33	530	2440,12	23,93	2393,03	2,393	1075	188	1,88
5,67	509	2343,44	22,98	2298,21	2,298	1052	165	1,65
6	475	2186,90	21,45	2144,69	2,145	1025	138	1,38
6,33	418	1924,47	18,87	1887,33	1,887	998	111	1,11
6,67	303	1395,01	13,68	1368,09	1,368	973	86	0,86
7	218	1003,67	9,84	984,30	0,984	950	63	0,63

Anexo A4 – Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e solo com argila expandida 2-4 aos 21 dias de cura

Quadro A4.1 - Média dos ensaios comparativos de provetes de solo e solo com argila expandida 2-4

Média dos Provetes					
Ensaio aos 21 dias de Cura					
Tempo	Solo	10% Argila	15% Argila	20% Argila	25% Argila
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0
0,33	0,045	0,030	0,018	0,012	0,020
0,67	0,123	0,123	0,084	0,057	0,088
1	0,208	0,244	0,229	0,185	0,219
1,33	0,355	0,406	0,408	0,333	0,382
1,67	0,524	0,591	0,604	0,518	0,571
2	0,697	0,796	0,980	0,724	0,833
2,33	0,909	1,010	1,195	0,944	1,050
2,67	1,073	1,184	1,430	1,175	1,263
3	1,269	1,407	1,651	1,416	1,492
3,33	1,458	1,574	1,832	1,651	1,686
3,67	1,615	1,735	1,981	1,872	1,863
4	1,764	1,895	2,068	2,057	2,007
4,33	1,889	2,006	2,125	2,206	2,113
4,67	1,979	2,101	2,130	2,333	2,188
5	2,014	2,124	2,044	2,382	2,183
5,33	1,865	2,089	1,916	2,372	2,126
5,67	1,793	1,981	1,716	2,270	1,989
6	1,659	1,862	1,449	2,059	1,790
6,33	1,430	1,668	1,239	1,639	1,515
6,67	1,285	1,400	0,986	1,255	1,214
7	1,130	1,069	0,780	1,004	0,951

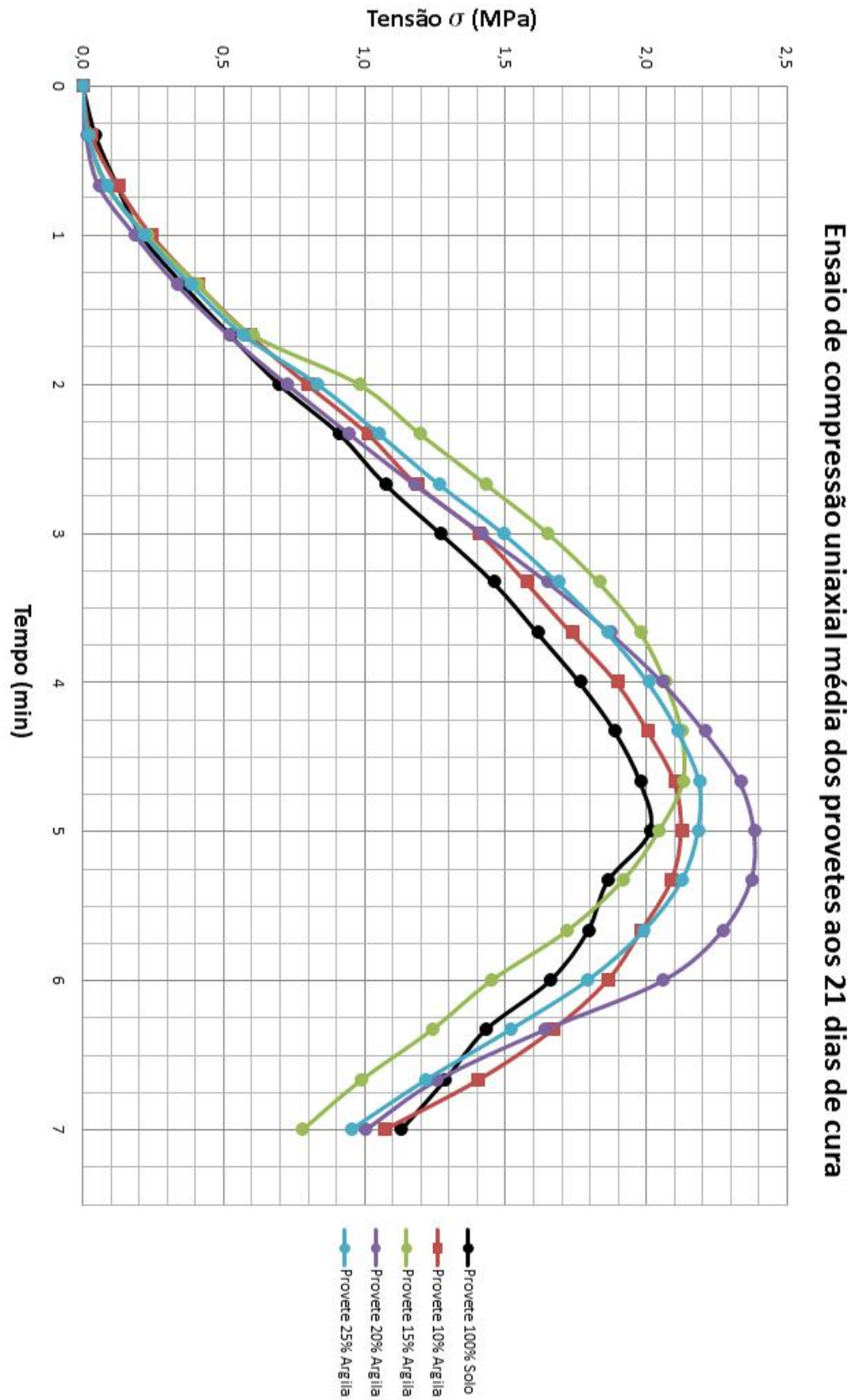


Figura A4.1 – Gráfico comparativo de médias dos ensaios de provetes de solo e solo com argila expandida 2-4

Anexo A5 – Dados dos ensaios de provetes de solo com granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura

Quadro A5.1 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 3 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2135,25 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2020,40 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,68%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	600	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	608	8	0,08
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	620	20	0,2
1	6	27,62	0,27	27,09	0,027	625	25	0,25
1,33	28	128,91	1,26	126,42	0,126	633	33	0,33
1,67	50	230,20	2,26	225,76	0,226	642	42	0,42
2	85	391,34	3,84	383,79	0,384	654	54	0,54
2,33	120	552,48	5,42	541,82	0,542	668	68	0,68
2,67	158	727,43	7,13	713,39	0,713	678	78	0,78
3	201	925,40	9,08	907,54	0,908	692	92	0,92
3,33	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	720	120	1,2
3,67	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	731	131	1,31
4	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	742	142	1,42
4,33	360	1657,44	16,25	1625,45	1,625	750	150	1,5
4,67	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	765	165	1,65
5	402	1850,81	18,15	1815,09	1,815	790	190	1,9
5,33	455	2094,82	20,54	2054,39	2,054	801	201	2,01
5,67	470	2163,88	21,22	2122,12	2,122	815	215	2,15
6	485	2232,94	21,90	2189,84	2,190	825	225	2,25
6,33	485	2232,94	21,90	2189,84	2,190	830	230	2,3
6,67	478	2200,71	21,58	2158,24	2,158	835	235	2,35
7	448	2062,59	20,23	2022,78	2,023	825	225	2,25
7,33	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	800	200	2
7,67	334	1537,74	15,08	1508,06	1,508	770	170	1,7
8	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	755	155	1,55
8,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	725	125	1,25
8,67	242	1114,17	10,93	1092,66	1,093	708	108	1,08
9	205	943,82	9,26	925,60	0,926	695	95	0,95

Quadro A5.2 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provetete tipo: Provetete 4 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provetete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provetete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetete quando efetuado: 2111,83 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetete no dia do ensaio: 2010,76 g			
Data de realização do Provetete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,03%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	534	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	560	26	0,26
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	578	44	0,44
1	40	184,16	1,81	180,61	0,181	590	56	0,56
1,33	80	368,32	3,61	361,21	0,361	610	76	0,76
1,67	108	497,23	4,88	487,64	0,488	628	94	0,94
2	148	681,39	6,68	668,24	0,668	645	111	1,11
2,33	185	851,74	8,35	835,30	0,835	661	127	1,27
2,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	675	141	1,41
3	256	1178,62	11,56	1155,88	1,156	690	156	1,56
3,33	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	706	172	1,72
3,67	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	725	191	1,91
4	360	1657,44	16,25	1625,45	1,625	740	206	2,06
4,33	392	1804,77	17,70	1769,94	1,770	762	228	2,28
4,67	412	1896,85	18,60	1860,24	1,860	776	242	2,42
5	430	1979,72	19,42	1941,51	1,942	798	264	2,64
5,33	440	2025,76	19,87	1986,66	1,987	820	286	2,86
5,67	447	2057,99	20,18	2018,27	2,018	835	301	3,01
6	458	2108,63	20,68	2067,94	2,068	848	314	3,14
6,33	440	2025,76	19,87	1986,66	1,987	852	318	3,18
6,67	430	1979,72	19,42	1941,51	1,942	850	316	3,16
7	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	840	306	3,06
7,33	345	1588,38	15,58	1557,72	1,558	805	271	2,71
7,67	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	780	246	2,46
8	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	742	208	2,08
8,33	291	1339,76	13,14	1313,91	1,314	727	193	1,93
8,67	285	1312,14	12,87	1286,82	1,287	705	171	1,71
9	276	1270,70	12,46	1246,18	1,246	695	161	1,61

Quadro A5.3 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 7 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2090,23 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1981,31 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,50%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	667	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	680	13	0,13
0,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	695	28	0,28
1	7	32,23	0,32	31,61	0,032	708	41	0,41
1,33	10	46,04	0,45	45,15	0,045	721	54	0,54
1,67	12	55,25	0,54	54,18	0,054	732	65	0,65
2	18	82,87	0,81	81,27	0,081	742	75	0,75
2,33	30	138,12	1,35	135,45	0,135	751	84	0,84
2,67	45	207,18	2,03	203,18	0,203	763	96	0,96
3	72	331,49	3,25	325,09	0,325	774	107	1,07
3,33	102	469,61	4,61	460,54	0,461	785	118	1,18
3,67	130	598,52	5,87	586,97	0,587	795	128	1,28
4	175	805,70	7,90	790,15	0,790	808	141	1,41
4,33	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	818	151	1,51
4,67	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	827	160	1,6
5	295	1358,18	13,32	1331,97	1,332	835	168	1,68
5,33	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	840	173	1,73
5,67	360	1657,44	16,25	1625,45	1,625	843	176	1,76
6	392	1804,77	17,70	1769,94	1,770	845	178	1,78
6,33	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	843	176	1,76
6,67	431	1984,32	19,46	1946,03	1,946	840	173	1,73
7	442	2034,97	19,96	1995,69	1,996	840	173	1,73
7,33	438	2016,55	19,78	1977,63	1,978	835	168	1,68
7,67	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	825	158	1,58
8	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	815	148	1,48
8,33	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	802	135	1,35
8,67	315	1450,26	14,22	1422,27	1,422	790	123	1,23
9	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	779	112	1,12

Quadro A5.4 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado de cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provetete tipo: Provetete 1 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provetete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provetete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetete quando efetuado: 1998,90 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetete no dia do ensaio: 1901,77 g			
Data de realização do Provetete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,11%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	556	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	570	14	0,14
0,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	584	28	0,28
1	12	55,25	0,54	54,18	0,054	595	39	0,39
1,33	24	110,50	1,08	108,36	0,108	607	51	0,51
1,67	44	202,58	1,99	198,67	0,199	620	64	0,64
2	69	317,68	3,12	311,54	0,312	630	74	0,74
2,33	99	455,80	4,47	447,00	0,447	645	89	0,89
2,67	133	612,33	6,01	600,51	0,601	658	102	1,02
3	166	764,26	7,50	749,51	0,750	662	106	1,06
3,33	199	916,20	8,99	898,51	0,899	683	127	1,27
3,67	234	1077,34	10,57	1056,54	1,057	693	137	1,37
4	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	705	149	1,49
4,33	304	1399,62	13,73	1372,60	1,373	715	159	1,59
4,67	321	1477,88	14,49	1449,36	1,449	724	168	1,68
5	343	1579,17	15,49	1548,69	1,549	732	176	1,76
5,33	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	738	182	1,82
5,67	367	1689,67	16,57	1657,06	1,657	742	186	1,86
6	349	1606,80	15,76	1575,78	1,576	743	187	1,87
6,33	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	741	185	1,85
6,67	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	735	179	1,79
7	274	1261,50	12,37	1237,15	1,237	724	168	1,68
7,33	257	1183,23	11,60	1160,39	1,160	711	155	1,55
7,67	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	701	145	1,45
8	224	1031,30	10,11	1011,39	1,011	701	145	1,45

Quadro A5.5 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado de cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 5 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2039,84 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1929,15 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,74%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	565	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	586	21	0,21
0,67	14	64,46	0,63	63,21	0,063	598	33	0,33
1	30	138,12	1,35	135,45	0,135	608	43	0,43
1,33	50	230,20	2,26	225,76	0,226	620	55	0,55
1,67	80	368,32	3,61	361,21	0,361	629	64	0,64
2	98	451,19	4,42	442,48	0,442	640	75	0,75
2,33	130	598,52	5,87	586,97	0,587	655	90	0,9
2,67	160	736,64	7,22	722,42	0,722	644	79	0,79
3	192	883,97	8,67	866,91	0,867	679	114	1,14
3,33	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	690	125	1,25
3,67	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	702	137	1,37
4	287	1321,35	12,96	1295,85	1,296	715	150	1,5
4,33	315	1450,26	14,22	1422,27	1,422	728	163	1,63
4,67	335	1542,34	15,13	1512,57	1,513	740	175	1,75
5	348	1602,19	15,71	1571,27	1,571	755	190	1,9
5,33	360	1657,44	16,25	1625,45	1,625	766	201	2,01
5,67	363	1671,25	16,39	1639,00	1,639	775	210	2,1
6	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	775	210	2,1
6,33	338	1556,15	15,26	1526,12	1,526	776	211	2,11
6,67	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	768	203	2,03
7	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	655	90	0,9
7,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	638	73	0,73
7,67	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	628	63	0,63
8	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	614	49	0,49

Quadro A5.6 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado de cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1977,84 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1867,37 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,92%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	681	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	695	14	0,14
0,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	705	24	0,24
1	19	87,48	0,86	85,79	0,086	716	35	0,35
1,33	32	147,33	1,44	144,48	0,144	728	47	0,47
1,67	53	244,01	2,39	239,30	0,239	741	60	0,6
2	85	391,34	3,84	383,79	0,384	753	72	0,72
2,33	103	474,21	4,65	465,06	0,465	765	84	0,84
2,67	130	598,52	5,87	586,97	0,587	776	95	0,95
3	162	745,85	7,31	731,45	0,731	790	109	1,09
3,33	196	902,38	8,85	884,97	0,885	802	121	1,21
3,67	222	1022,09	10,02	1002,36	1,002	812	131	1,31
4	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	821	140	1,4
4,33	276	1270,70	12,46	1246,18	1,246	829	148	1,48
4,67	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	833	152	1,52
5	302	1390,41	13,64	1363,57	1,364	834	153	1,53
5,33	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	831	150	1,5
5,67	302	1390,41	13,64	1363,57	1,364	825	144	1,44
6	299	1376,60	13,50	1350,03	1,350	819	138	1,38
6,33	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	813	132	1,32
6,67	279	1284,52	12,60	1259,72	1,260	806	125	1,25
7	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	798	117	1,17
7,33	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	792	111	1,11
7,67	238	1095,75	10,75	1074,60	1,075	789	108	1,08
8	227	1045,11	10,25	1024,94	1,025	781	100	1

Quadro A5.7 - Ensaio de compressão em provete de solo com 20% granulado de cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1889,92 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1794,09 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,34%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	687	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	705	18	0,18
0,67	7	32,23	0,32	31,61	0,032	712	25	0,25
1	13	59,85	0,59	58,70	0,059	718	31	0,31
1,33	18	82,87	0,81	81,27	0,081	725	38	0,38
1,67	28	128,91	1,26	126,42	0,126	732	45	0,45
2	40	184,16	1,81	180,61	0,181	740	53	0,53
2,33	56	257,82	2,53	252,85	0,253	748	61	0,61
2,67	76	349,90	3,43	343,15	0,343	755	68	0,68
3	97	446,59	4,38	437,97	0,438	762	75	0,75
3,33	128	589,31	5,78	577,94	0,578	770	83	0,83
3,67	140	644,56	6,32	632,12	0,632	775	88	0,88
4	159	732,04	7,18	717,91	0,718	785	98	0,98
4,33	178	819,51	8,04	803,70	0,804	792	105	1,05
4,67	192	883,97	8,67	866,91	0,867	792	105	1,05
5	202	930,01	9,12	912,06	0,912	801	114	1,14
5,33	206	948,42	9,30	930,12	0,930	802	115	1,15
5,67	207	953,03	9,35	934,63	0,935	802	115	1,15
6	205	943,82	9,26	925,60	0,926	802	115	1,15
6,33	203	934,61	9,17	916,57	0,917	799	112	1,12
6,67	198	911,59	8,94	894,00	0,894	798	111	1,11
7	194	893,18	8,76	875,94	0,876	794	107	1,07
7,33	189	870,16	8,53	853,36	0,853	791	104	1,04
7,67	182	837,93	8,22	821,76	0,822	788	101	1,01
8	176	810,30	7,95	794,67	0,795	786	99	0,99
8,33	172	791,89	7,77	776,60	0,777	784	97	0,97
8,67	166	764,26	7,50	749,51	0,750	783	96	0,96
9	161	741,24	7,27	726,94	0,727	781	94	0,94
9,33	155	713,62	7,00	699,85	0,700	778	91	0,91
9,67	149	686,00	6,73	672,76	0,673	775	88	0,88
10	144	662,98	6,50	650,18	0,650	773	86	0,86

Quadro A5.8 - Ensaio de compressão em provete de solo com 20% granulado de cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1926,40 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1831,66 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,17%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	697	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	703	6	0,06
0,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	707	10	0,1
1	7	32,23	0,32	31,61	0,032	709	12	0,12
1,33	12	55,25	0,54	54,18	0,054	712	15	0,15
1,67	23	105,89	1,04	103,85	0,104	719	22	0,22
2	35	161,14	1,58	158,03	0,158	725	28	0,28
2,33	52	239,41	2,35	234,79	0,235	734	37	0,37
2,67	66	303,86	2,98	298,00	0,298	741	44	0,44
3	88	405,15	3,97	397,33	0,397	748	51	0,51
3,33	112	515,65	5,06	505,70	0,506	757	60	0,6
3,67	142	653,77	6,41	641,15	0,641	767	70	0,7
4	168	773,47	7,59	758,54	0,759	778	81	0,81
4,33	192	883,97	8,67	866,91	0,867	787	90	0,9
4,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	800	103	1,03
5	237	1091,15	10,70	1070,09	1,070	810	113	1,13
5,33	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	819	122	1,22
5,67	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	830	133	1,33
6	277	1275,31	12,51	1250,69	1,251	840	143	1,43
6,33	281	1293,72	12,69	1268,76	1,269	845	148	1,48
6,67	282	1298,33	12,73	1273,27	1,273	848	151	1,51
7	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	849	152	1,52
7,33	267	1229,27	12,06	1205,54	1,206	848	151	1,51
7,67	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	842	145	1,45
8	249	1146,40	11,24	1124,27	1,124	838	141	1,41
8,33	236	1086,54	10,66	1065,57	1,066	830	133	1,33
8,67	221	1017,48	9,98	997,85	0,998	821	124	1,24
9	205	943,82	9,26	925,60	0,926	815	118	1,18
9,33	187	860,95	8,44	844,33	0,844	808	111	1,11
9,67	178	819,51	8,04	803,70	0,804	801	104	1,04
10	168	773,47	7,59	758,54	0,759	795	98	0,98

Quadro A5.9 - Ensaio de compressão em provete de solo com 20% granulado de cortiça 2-10

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1794,14 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1700,26 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,52%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	691	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	701	10	0,1
0,67	1	4,60	0,05	4,52	0,005	708	17	0,17
1	2	9,21	0,09	9,03	0,009	710	19	0,19
1,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	712	21	0,21
1,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	713	22	0,22
2	5	23,02	0,23	22,58	0,023	715	24	0,24
2,33	6	27,62	0,27	27,09	0,027	715	24	0,24
2,67	9	41,44	0,41	40,64	0,041	716	25	0,25
3	12	55,25	0,54	54,18	0,054	716	25	0,25
3,33	16	73,66	0,72	72,24	0,072	719	28	0,28
3,67	20	92,08	0,90	90,30	0,090	720	29	0,29
4	25	115,10	1,13	112,88	0,113	724	33	0,33
4,33	36	165,74	1,63	162,55	0,163	726	35	0,35
4,67	45	207,18	2,03	203,18	0,203	730	39	0,39
5	60	276,24	2,71	270,91	0,271	735	44	0,44
5,33	75	345,30	3,39	338,64	0,339	741	50	0,5
5,67	93	428,17	4,20	419,91	0,420	748	57	0,57
6	110	506,44	4,97	496,67	0,497	753	62	0,62
6,33	130	598,52	5,87	586,97	0,587	758	67	0,67
6,67	140	644,56	6,32	632,12	0,632	762	71	0,71
7	150	690,60	6,77	677,27	0,677	767	76	0,76
7,33	158	727,43	7,13	713,39	0,713	770	79	0,79
7,67	160	736,64	7,22	722,42	0,722	770	79	0,79
8	162	745,85	7,31	731,45	0,731	770	79	0,79
8,33	160	736,64	7,22	722,42	0,722	770	79	0,79
8,67	155	713,62	7,00	699,85	0,700	768	77	0,77
9	150	690,60	6,77	677,27	0,677	768	77	0,77
9,33	147	676,79	6,64	663,73	0,664	767	76	0,76
9,67	143	658,37	6,46	645,67	0,646	766	75	0,75
10	141	649,16	6,37	636,64	0,637	766	75	0,75

Quadro A5.10- Ensaio de compressão em provete de solo com 25% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1736,67 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1639,05 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,96%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	668	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	671	3	0,03
0,67	2	9,21	0,09	9,03	0,009	672	4	0,04
1	4	18,42	0,18	18,06	0,018	672	4	0,04
1,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	673	5	0,05
1,67	7	32,23	0,32	31,61	0,032	674	6	0,06
2	10	46,04	0,45	45,15	0,045	676	8	0,08
2,33	13	59,85	0,59	58,70	0,059	679	11	0,11
2,67	18	82,87	0,81	81,27	0,081	682	14	0,14
3	25	115,10	1,13	112,88	0,113	685	17	0,17
3,33	32	147,33	1,44	144,48	0,144	690	22	0,22
3,67	43	197,97	1,94	194,15	0,194	695	27	0,27
4	56	257,82	2,53	252,85	0,253	700	32	0,32
4,33	71	326,88	3,21	320,58	0,321	704	36	0,36
4,67	85	391,34	3,84	383,79	0,384	708	40	0,4
5	102	469,61	4,61	460,54	0,461	712	44	0,44
5,33	116	534,06	5,24	523,76	0,524	718	50	0,5
5,67	129	593,92	5,82	582,45	0,582	721	53	0,53
6	142	653,77	6,41	641,15	0,641	724	56	0,56
6,33	148	681,39	6,68	668,24	0,668	725	57	0,57
6,67	154	709,02	6,95	695,33	0,695	729	61	0,61
7	158	727,43	7,13	713,39	0,713	730	62	0,62
7,33	159	732,04	7,18	717,91	0,718	731	63	0,63
7,67	159	732,04	7,18	717,91	0,718	731	63	0,63
8	157	722,83	7,09	708,88	0,709	731	63	0,63
8,33	155	713,62	7,00	699,85	0,700	731	63	0,63
8,67	154	709,02	6,95	695,33	0,695	731	63	0,63
9	149	686,00	6,73	672,76	0,673	730	62	0,62
9,33	146	672,18	6,59	659,21	0,659	730	62	0,62
9,67	142	653,77	6,41	641,15	0,641	729	61	0,61
10	139	639,96	6,28	627,60	0,628	729	61	0,61

Quadro A5.11 - Ensaio de compressão em provete de solo com 25% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1856,98 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1767,55 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,06%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (t) kPa	Tensão (t) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	626	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	645	19	0,19
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	655	29	0,29
1	6	27,62	0,27	27,09	0,027	658	32	0,32
1,33	9	41,44	0,41	40,64	0,041	662	36	0,36
1,67	14	64,46	0,63	63,21	0,063	664	38	0,38
2	18	82,87	0,81	81,27	0,081	678	52	0,52
2,33	25	115,10	1,13	112,88	0,113	678	52	0,52
2,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	679	53	0,53
3	47	216,39	2,12	212,21	0,212	687	61	0,61
3,33	62	285,45	2,80	279,94	0,280	695	69	0,69
3,67	78	359,11	3,52	352,18	0,352	703	77	0,77
4	98	451,19	4,42	442,48	0,442	710	84	0,84
4,33	118	543,27	5,33	532,79	0,533	720	94	0,94
4,67	135	621,54	6,10	609,54	0,610	728	102	1,02
5	158	727,43	7,13	713,39	0,713	730	104	1,04
5,33	175	805,70	7,90	790,15	0,790	740	114	1,14
5,67	185	851,74	8,35	835,30	0,835	745	119	1,19
6	195	897,78	8,80	880,45	0,880	746	120	1,2
6,33	198	911,59	8,94	894,00	0,894	747	121	1,21
6,67	199	916,20	8,99	898,51	0,899	747	121	1,21
7	196	902,38	8,85	884,97	0,885	746	120	1,2
7,33	192	883,97	8,67	866,91	0,867	746	120	1,2
7,67	189	870,16	8,53	853,36	0,853	743	117	1,17
8	183	842,53	8,26	826,27	0,826	743	117	1,17
8,33	181	833,32	8,17	817,24	0,817	741	115	1,15
8,67	178	819,51	8,04	803,70	0,804	740	114	1,14
9	165	759,66	7,45	745,00	0,745	738	112	1,12
9,33	162	745,85	7,31	731,45	0,731	735	109	1,09
9,67	160	736,64	7,22	722,42	0,722	730	104	1,04
10	158	727,43	7,13	713,39	0,713	728	102	1,02

Quadro A5.12- Ensaio de compressão em provete de solo com 25% granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 22/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1819,11 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1733,259 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,70%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) (kpa)	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	708	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	712	4	0,04
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	708	0	0
1	4	18,42	0,18	18,06	0,018	708	0	0
1,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	708	0	0
1,67	9	41,44	0,41	40,64	0,041	708	0	0
2	11	50,64	0,50	49,67	0,050	708	0	0
2,33	16	73,66	0,72	72,24	0,072	709	1	0,01
2,67	20	92,08	0,90	90,30	0,090	712	4	0,04
3	25	115,10	1,13	112,88	0,113	715	7	0,07
3,33	35	161,14	1,58	158,03	0,158	720	12	0,12
3,67	43	197,97	1,94	194,15	0,194	726	18	0,18
4	48	220,99	2,17	216,73	0,217	730	22	0,22
4,33	58	267,03	2,62	261,88	0,262	738	30	0,3
4,67	75	345,30	3,39	338,64	0,339	747	39	0,39
5	90	414,36	4,06	406,36	0,406	754	46	0,46
5,33	120	552,48	5,42	541,82	0,542	765	57	0,57
5,67	150	690,60	6,77	677,27	0,677	785	77	0,77
6	170	782,68	7,68	767,57	0,768	795	87	0,87
6,33	180	828,72	8,13	812,73	0,813	800	92	0,92
6,67	187	860,95	8,44	844,33	0,844	803	95	0,95
7	194	893,18	8,76	875,94	0,876	805	97	0,97
7,33	195	897,78	8,80	880,45	0,880	802	94	0,94
7,67	194	893,18	8,76	875,94	0,876	801	93	0,93
8	192	883,97	8,67	866,91	0,867	798	90	0,9
8,33	188	865,55	8,49	848,85	0,849	795	87	0,87
8,67	184	847,14	8,31	830,79	0,831	792	84	0,84
9	180	828,72	8,13	812,73	0,813	789	81	0,81
9,33	175	805,70	7,90	790,15	0,790	785	77	0,77
9,67	172	791,89	7,77	776,60	0,777	782	74	0,74
10	165	759,66	7,45	745,00	0,745	778	70	0,7

Anexo A6 – Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e provetes de solo com granulado de cortiça 2-10 aos 21 dias cura

Quadro A6.1 - Médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 2-10

Média dos Provetes					
Ensaio aos 21 dias de cura					
Tempo	Solo	10% Adição	15% Adição	20% Adição	25% Adição
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0
0,33	0,045	0,008	0,009	0,006	0,005
0,67	0,123	0,026	0,041	0,018	0,012
1	0,208	0,080	0,092	0,033	0,021
1,33	0,355	0,178	0,160	0,050	0,029
1,67	0,524	0,256	0,266	0,083	0,045
2	0,697	0,378	0,379	0,120	0,059
2,33	0,909	0,504	0,500	0,172	0,081
2,67	1,073	0,637	0,637	0,227	0,110
3	1,269	0,796	0,783	0,296	0,146
3,33	1,458	0,951	0,938	0,385	0,194
3,67	1,615	1,103	1,070	0,455	0,247
4	1,764	1,272	1,212	0,530	0,304
4,33	1,889	1,463	1,347	0,611	0,372
4,67	1,979	1,576	1,424	0,680	0,444
5	2,014	1,696	1,495	0,751	0,527
5,33	1,865	1,844	1,535	0,807	0,619
5,67	1,793	1,922	1,553	0,855	0,698
6	1,659	2,009	1,510	0,891	0,763
6,33	1,430	2,017	1,434	0,924	0,792
6,67	1,285	2,015	1,361	0,933	0,813
7	1,130	1,939	1,248	0,939	0,825
7,33		1,777	1,169	0,924	0,822
7,67		1,594	1,088	0,903	0,816
8		1,498	1,025	0,883	0,801

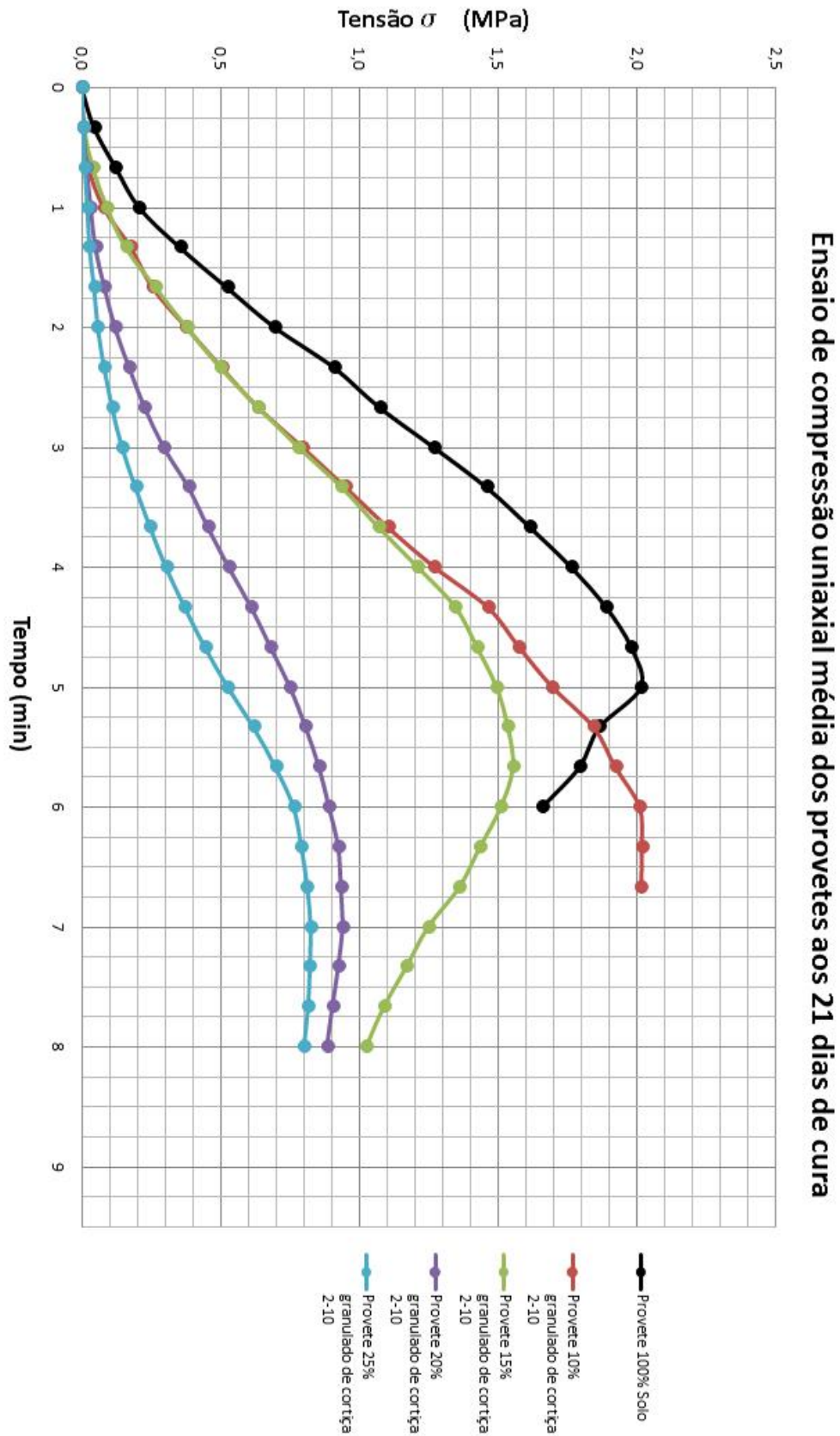


Figura A6.1– Gráfico comparativo de médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 2-10

Anexo A7 – Dados dos ensaios nos provetes de solo com granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Quadro A7.1 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 10% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2098,75 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1987,17 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,61%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	687	0	0
0,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	690	3	0,03
0,67	31	142,72	1,40	139,97	0,140	700	13	0,13
1	65	299,26	2,93	293,48	0,293	711	24	0,24
1,33	90	414,36	4,06	406,36	0,406	721	34	0,34
1,67	120	552,48	5,42	541,82	0,542	732	45	0,45
2	152	699,81	6,86	686,30	0,686	741	54	0,54
2,33	185	851,74	8,35	835,30	0,835	751	64	0,64
2,67	217	999,07	9,80	979,79	0,980	761	74	0,74
3	249	1146,40	11,24	1124,27	1,124	771	84	0,84
3,33	306	1408,82	13,82	1381,63	1,382	790	103	1,03
3,67	332	1528,53	14,99	1499,03	1,499	798	111	1,11
4	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	805	118	1,18
4,33	368	1694,27	16,62	1661,57	1,662	812	125	1,25
4,67	377	1735,71	17,02	1702,21	1,702	817	130	1,3
5	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	819	132	1,32
5,33	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	820	133	1,33
5,67	377	1735,71	17,02	1702,21	1,702	823	136	1,36
6	369	1698,88	16,66	1666,09	1,666	828	141	1,41
6,33	357	1643,63	16,12	1611,91	1,612	830	143	1,43
6,67	339	1560,76	15,31	1530,63	1,531	830	143	1,43
7	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	830	143	1,43
7,33	294	1353,58	13,27	1327,45	1,327	830	143	1,43
7,67	274	1261,50	12,37	1237,15	1,237	827	140	1,4
8	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	822	135	1,35
8,33	237	1091,15	10,70	1070,09	1,070	818	131	1,31
8,67	218	1003,67	9,84	984,30	0,984	812	125	1,25
9	199	916,20	8,99	898,51	0,899	806	119	1,19

Quadro A7.2- Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 10% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2188,80 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2076,42 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,41%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	718	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	720	2	0,02
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	720	2	0,02
1	23	105,89	1,04	103,85	0,104	723	5	0,05
1,33	43	197,97	1,94	194,15	0,194	733	15	0,15
1,67	75	345,30	3,39	338,64	0,339	745	27	0,27
2	105	483,42	4,74	474,09	0,474	756	38	0,38
2,33	133	612,33	6,01	600,51	0,601	768	50	0,5
2,67	171	787,28	7,72	772,09	0,772	782	64	0,64
3	202	930,01	9,12	912,06	0,912	798	80	0,8
3,33	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	812	94	0,94
3,67	272	1252,29	12,28	1228,12	1,228	830	112	1,12
4	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	848	130	1,3
4,33	331	1523,92	14,95	1494,51	1,495	864	146	1,46
4,67	353	1625,21	15,94	1593,85	1,594	880	162	1,62
5	372	1712,69	16,80	1679,63	1,680	895	177	1,77
5,33	383	1763,33	17,29	1729,30	1,729	910	192	1,92
5,67	390	1795,56	17,61	1760,91	1,761	924	206	2,06
6	393	1809,37	17,74	1774,45	1,774	938	220	2,2
6,33	392	1804,77	17,70	1769,94	1,770	948	230	2,3
6,67	385	1772,54	17,38	1738,33	1,738	952	234	2,34
7	373	1717,29	16,84	1684,15	1,684	952	234	2,34
7,33	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	925	207	2,07
7,67	315	1450,26	14,22	1422,27	1,422	910	192	1,92
8	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	900	182	1,82
8,33	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	875	157	1,57
8,67	238	1095,75	10,75	1074,60	1,075	853	135	1,35
9	210	966,84	9,48	948,18	0,948	838	120	1,2

Quadro A7.3- Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 10% Cortiça 3-5			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2089,09 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1973,90 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,84%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	667	0	0
0,33	10	46,04	0,45	45,15	0,045	680	13	0,13
0,67	33	151,93	1,49	149,00	0,149	695	28	0,28
1	59	271,64	2,66	266,39	0,266	708	41	0,41
1,33	85	391,34	3,84	383,79	0,384	721	54	0,54
1,67	113	520,25	5,10	510,21	0,510	732	65	0,65
2	145	667,58	6,55	654,70	0,655	742	75	0,75
2,33	183	842,53	8,26	826,27	0,826	751	84	0,84
2,67	204	939,22	9,21	921,09	0,921	763	96	0,96
3	236	1086,54	10,66	1065,57	1,066	774	107	1,07
3,33	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	785	118	1,18
3,67	294	1353,58	13,27	1327,45	1,327	795	128	1,28
4	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	808	141	1,41
4,33	338	1556,15	15,26	1526,12	1,526	818	151	1,51
4,67	354	1629,82	15,98	1598,36	1,598	827	160	1,6
5	364	1675,86	16,44	1643,51	1,644	835	168	1,68
5,33	364	1675,86	16,44	1643,51	1,644	840	173	1,73
5,67	361	1662,04	16,30	1629,97	1,630	843	176	1,76
6	344	1583,78	15,53	1553,21	1,553	845	178	1,78
6,33	337	1551,55	15,22	1521,60	1,522	843	176	1,76
6,67	321	1477,88	14,49	1449,36	1,449	840	173	1,73
7	301	1385,80	13,59	1359,06	1,359	840	173	1,73
7,33	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	835	168	1,68
7,67	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	825	158	1,58
8	238	1095,75	10,75	1074,60	1,075	815	148	1,48
8,33	218	1003,67	9,84	984,30	0,984	802	135	1,35
8,67	199	916,20	8,99	898,51	0,899	790	123	1,23
9	180	828,72	8,13	812,73	0,813	779	112	1,12

Quadro A7.4- Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 15% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2018,15 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1918,81 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,18%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	678	0	0
0,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	890	212	2,12
0,67	21	96,68	0,95	94,82	0,095	702	24	0,24
1	40	184,16	1,81	180,61	0,181	713	35	0,35
1,33	57	262,43	2,57	257,36	0,257	725	47	0,47
1,67	79	363,72	3,57	356,70	0,357	738	60	0,6
2	104	478,82	4,70	469,57	0,470	747	69	0,69
2,33	127	584,71	5,73	573,42	0,573	757	79	0,79
2,67	157	722,83	7,09	708,88	0,709	767	89	0,89
3	187	860,95	8,44	844,33	0,844	778	100	1
3,33	209	962,24	9,44	943,66	0,944	786	108	1,08
3,67	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	794	116	1,16
4	254	1169,42	11,47	1146,85	1,147	802	124	1,24
4,33	274	1261,50	12,37	1237,15	1,237	807	129	1,29
4,67	281	1293,72	12,69	1268,76	1,269	811	133	1,33
5	284	1307,54	12,82	1282,30	1,282	813	135	1,35
5,33	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	813	135	1,35
5,67	273	1256,89	12,33	1232,63	1,233	813	135	1,35
6	263	1210,85	11,87	1187,48	1,187	811	133	1,33
6,33	249	1146,40	11,24	1124,27	1,124	807	129	1,29
6,67	234	1077,34	10,57	1056,54	1,057	802	124	1,24
7	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	798	120	1,2
7,33	204	939,22	9,21	921,09	0,921	792	114	1,14
7,67	192	883,97	8,67	866,91	0,867	787	109	1,09
8	180	828,72	8,13	812,73	0,813	781	103	1,03

Quadro A7.5 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 15% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1995,76 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1891,00 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,54%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	692	0	0
0,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	703	11	0,11
0,67	32	147,33	1,44	144,48	0,144	708	16	0,16
1	42	193,37	1,90	189,64	0,190	712	20	0,2
1,33	60	276,24	2,71	270,91	0,271	725	33	0,33
1,67	84	386,74	3,79	379,27	0,379	735	43	0,43
2	111	511,04	5,01	501,18	0,501	746	54	0,54
2,33	135	621,54	6,10	609,54	0,610	755	63	0,63
2,67	163	750,45	7,36	735,97	0,736	768	76	0,76
3	196	902,38	8,85	884,97	0,885	782	90	0,9
3,33	223	1026,69	10,07	1006,88	1,007	794	102	1,02
3,67	243	1118,77	10,97	1097,18	1,097	810	118	1,18
4	259	1192,44	11,69	1169,42	1,169	825	133	1,33
4,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	840	148	1,48
4,67	277	1275,31	12,51	1250,69	1,251	854	162	1,62
5	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	864	172	1,72
5,33	279	1284,52	12,60	1259,72	1,260	888	196	1,96
5,67	274	1261,50	12,37	1237,15	1,237	884	192	1,92
6	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	874	182	1,82
6,33	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	866	174	1,74
6,67	244	1123,38	11,02	1101,69	1,102	855	163	1,63
7	234	1077,34	10,57	1056,54	1,057	844	152	1,52
7,33	222	1022,09	10,02	1002,36	1,002	835	143	1,43
7,67	210	966,84	9,48	948,18	0,948	825	133	1,33
8	196	902,38	8,85	884,97	0,885	817	125	1,25

Quadro A7.6 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 15% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2029,12 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1917,57 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,82%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	681	0	0
0,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	695	14	0,14
0,67	16	73,66	0,72	72,24	0,072	705	24	0,24
1	33	151,93	1,49	149,00	0,149	716	35	0,35
1,33	50	230,20	2,26	225,76	0,226	728	47	0,47
1,67	72	331,49	3,25	325,09	0,325	741	60	0,6
2	96	441,98	4,33	433,45	0,433	753	72	0,72
2,33	123	566,29	5,55	555,36	0,555	765	84	0,84
2,67	153	704,41	6,91	690,82	0,691	776	95	0,95
3	184	847,14	8,31	830,79	0,831	790	109	1,09
3,33	217	999,07	9,80	979,79	0,980	802	121	1,21
3,67	244	1123,38	11,02	1101,69	1,102	812	131	1,31
4	271	1247,68	12,24	1223,60	1,224	821	140	1,4
4,33	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	829	148	1,48
4,67	304	1399,62	13,73	1372,60	1,373	833	152	1,52
5	312	1436,45	14,09	1408,72	1,409	834	153	1,53
5,33	311	1431,84	14,04	1404,21	1,404	831	150	1,5
5,67	304	1399,62	13,73	1372,60	1,373	825	144	1,44
6	292	1344,37	13,18	1318,42	1,318	819	138	1,38
6,33	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	813	132	1,32
6,67	259	1192,44	11,69	1169,42	1,169	806	125	1,25
7	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	798	117	1,17
7,33	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	792	111	1,11
7,67	102	469,61	4,61	460,54	0,461	789	108	1,08
8	182	837,93	8,22	821,76	0,822	781	100	1

Quadro A7.7 - Ensaio de compressão em provete de solo com 20% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 20% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1827,91 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1733,36 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,45%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	844	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	855	11	0,11
0,67	2	9,21	0,09	9,03	0,009	863	19	0,19
1	4	18,42	0,18	18,06	0,018	858	14	0,14
1,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	853	9	0,09
1,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	852	8	0,08
2	13	59,85	0,59	58,70	0,059	852	8	0,08
2,33	16	73,66	0,72	72,24	0,072	852	8	0,08
2,67	23	105,89	1,04	103,85	0,104	853	9	0,09
3	30	138,12	1,35	135,45	0,135	854	10	0,1
3,33	41	188,76	1,85	185,12	0,185	857	13	0,13
3,67	56	257,82	2,53	252,85	0,253	861	17	0,17
4	71	326,88	3,21	320,58	0,321	865	21	0,21
4,33	97	446,59	4,38	437,97	0,438	868	24	0,24
4,67	108	497,23	4,88	487,64	0,488	875	31	0,31
5	128	589,31	5,78	577,94	0,578	880	36	0,36
5,33	148	681,39	6,68	668,24	0,668	884	40	0,4
5,67	163	750,45	7,36	735,97	0,736	888	44	0,44
6	176	810,30	7,95	794,67	0,795	891	47	0,47
6,33	187	860,95	8,44	844,33	0,844	893	49	0,49
6,67	194	893,18	8,76	875,94	0,876	894	50	0,5
7	197	906,99	8,89	889,48	0,889	894	50	0,5
7,33	197	906,99	8,89	889,48	0,889	894	50	0,5
7,67	196	902,38	8,85	884,97	0,885	894	50	0,5
8	191	879,36	8,62	862,39	0,862	894	50	0,5
8,33	186	856,34	8,40	839,82	0,840	895	51	0,51
8,67	181	833,32	8,17	817,24	0,817	895	51	0,51
9	176	810,30	7,95	794,67	0,795	895	51	0,51
9,33	170	782,68	7,68	767,57	0,768	895	51	0,51
9,67	159	732,04	7,18	717,91	0,718	895	51	0,51
10	154	709,02	6,95	695,33	0,695	895	51	0,51

Quadro A7.8- Ensaio de compressão em provete de solo com 20% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 20% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1904,45 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1804,49 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,54%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	535	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	539	4	0,04
0,67	2	9,21	0,09	9,03	0,009	541	6	0,06
1	3	13,81	0,14	13,55	0,014	545	10	0,1
1,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	548	13	0,13
1,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	550	15	0,15
2	7	32,23	0,32	31,61	0,032	552	17	0,17
2,33	10	46,04	0,45	45,15	0,045	556	21	0,21
2,67	14	64,46	0,63	63,21	0,063	558	23	0,23
3	20	92,08	0,90	90,30	0,090	561	26	0,26
3,33	26	119,70	1,17	117,39	0,117	562	27	0,27
3,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	564	29	0,29
4	45	207,18	2,03	203,18	0,203	567	32	0,32
4,33	59	271,64	2,66	266,39	0,266	571	36	0,36
4,67	75	345,30	3,39	338,64	0,339	575	40	0,4
5	95	437,38	4,29	428,94	0,429	586	51	0,51
5,33	115	529,46	5,19	519,24	0,519	593	58	0,58
5,67	135	621,54	6,10	609,54	0,610	598	63	0,63
6	159	732,04	7,18	717,91	0,718	601	66	0,66
6,33	171	787,28	7,72	772,09	0,772	602	67	0,67
6,67	185	851,74	8,35	835,30	0,835	612	77	0,77
7	192	883,97	8,67	866,91	0,867	618	83	0,83
7,33	195	897,78	8,80	880,45	0,880	623	88	0,88
7,67	194	893,18	8,76	875,94	0,876	624	89	0,89
8	191	879,36	8,62	862,39	0,862	624	89	0,89
8,33	186	856,34	8,40	839,82	0,840	620	85	0,85
8,67	181	833,32	8,17	817,24	0,817	617	82	0,82
9	173	796,49	7,81	781,12	0,781	610	75	0,75
9,33	168	773,47	7,59	758,54	0,759	608	73	0,73
9,67	162	745,85	7,31	731,45	0,731	602	67	0,67
10	156	718,22	7,04	704,36	0,704	599	64	0,64

Quadro A7.9- Ensaio de compressão em provete de solo com 20% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 20% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1949,11 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1831,95 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,17%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	605	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	625	20	0,2
0,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	648	43	0,43
1	7	32,23	0,32	31,61	0,032	665	60	0,6
1,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	675	70	0,7
1,67	21	96,68	0,95	94,82	0,095	680	75	0,75
2	32	147,33	1,44	144,48	0,144	688	83	0,83
2,33	46	211,78	2,08	207,70	0,208	692	87	0,87
2,67	65	299,26	2,93	293,48	0,293	701	96	0,96
3	82	377,53	3,70	370,24	0,370	706	101	1,01
3,33	108	497,23	4,88	487,64	0,488	712	107	1,07
3,67	125	575,50	5,64	564,39	0,564	718	113	1,13
4	145	667,58	6,55	654,70	0,655	728	123	1,23
4,33	165	759,66	7,45	745,00	0,745	738	133	1,33
4,67	186	856,34	8,40	839,82	0,840	748	143	1,43
5	203	934,61	9,17	916,57	0,917	758	153	1,53
5,33	213	980,65	9,62	961,73	0,962	766	161	1,61
5,67	219	1008,28	9,89	988,82	0,989	773	168	1,68
6	222	1022,09	10,02	1002,36	1,002	779	174	1,74
6,33	223	1026,69	10,07	1006,88	1,007	783	178	1,78
6,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	783	178	1,78
7	213	980,65	9,62	961,73	0,962	784	179	1,79
7,33	206	948,42	9,30	930,12	0,930	783	178	1,78
7,67	202	930,01	9,12	912,06	0,912	781	176	1,76
8	197	906,99	8,89	889,48	0,889	780	175	1,75
8,33	191	879,36	8,62	862,39	0,862	779	174	1,74
8,67	187	860,95	8,44	844,33	0,844	778	173	1,73
9	178	819,51	8,04	803,70	0,804	778	173	1,73
9,33	174	801,10	7,86	785,63	0,786	777	172	1,72
9,67	169	778,08	7,63	763,06	0,763	776	171	1,71
10	169	778,08	7,63	763,06	0,763	774	169	1,69

Quadro A7.10- Ensaio de compressão em provete de solo com 25% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = $9,807 \times 10^{-3}$ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 25% Cortiça 3-5			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1775,98 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1669,72 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,35%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	674	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	680	6	0,06
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	680	6	0,06
1	4	18,42	0,18	18,06	0,018	682	8	0,08
1,33	6	27,62	0,27	27,09	0,027	683	9	0,09
1,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	685	11	0,11
2	12	55,25	0,54	54,18	0,054	688	14	0,14
2,33	16	73,66	0,72	72,24	0,072	691	17	0,17
2,67	20	92,08	0,90	90,30	0,090	693	19	0,19
3	28	128,91	1,26	126,42	0,126	698	24	0,24
3,33	37	170,35	1,67	167,06	0,167	703	29	0,29
3,67	48	220,99	2,17	216,73	0,217	711	37	0,37
4	62	285,45	2,80	279,94	0,280	722	48	0,48
4,33	87	400,55	3,93	392,82	0,393	737	63	0,63
4,67	93	428,17	4,20	419,91	0,420	741	67	0,67
5	108	497,23	4,88	487,64	0,488	749	75	0,75
5,33	120	552,48	5,42	541,82	0,542	756	82	0,82
5,67	131	603,12	5,91	591,48	0,591	762	88	0,88
6	139	639,96	6,28	627,60	0,628	767	93	0,93
6,33	143	658,37	6,46	645,67	0,646	771	97	0,97
6,67	145	667,58	6,55	654,70	0,655	772	98	0,98
7	146	672,18	6,59	659,21	0,659	772	98	0,98
7,33	146	672,18	6,59	659,21	0,659	772	98	0,98
7,67	145	667,58	6,55	654,70	0,655	772	98	0,98
8	144	662,98	6,50	650,18	0,650	772	98	0,98
8,33	142	653,77	6,41	641,15	0,641	772	98	0,98
8,67	140	644,56	6,32	632,12	0,632	772	98	0,98
9	138	635,35	6,23	623,09	0,623	771	97	0,97
9,33	135	621,54	6,10	609,54	0,610	769	95	0,95
9,67	133	612,33	6,01	600,51	0,601	768	94	0,94
10	130	598,52	5,87	586,97	0,587	768	94	0,94

Quadro A7.11- Ensaio de compressão em provete de solo com 25% granulado cortiça 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 25% Cortiça 3-5			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1766,67 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1667,07 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade aos 21 dias: 5,97%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	695	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	700	5	0,05
0,67	1	4,60	0,05	4,52	0,005	704	9	0,09
1	2	9,21	0,09	9,03	0,009	705	10	0,1
1,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	705	10	0,1
1,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	706	11	0,11
2	5	23,02	0,23	22,58	0,023	707	12	0,12
2,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	708	13	0,13
2,67	9	41,44	0,41	40,64	0,041	710	15	0,15
3	11	50,64	0,50	49,67	0,050	712	17	0,17
3,33	13	59,85	0,59	58,70	0,059	714	19	0,19
3,67	18	82,87	0,81	81,27	0,081	718	23	0,23
4	23	105,89	1,04	103,85	0,104	722	27	0,27
4,33	31	142,72	1,40	139,97	0,140	728	33	0,33
4,67	39	179,56	1,76	176,09	0,176	735	40	0,4
5	50	230,20	2,26	225,76	0,226	744	49	0,49
5,33	62	285,45	2,80	279,94	0,280	751	56	0,56
5,67	79	363,72	3,57	356,70	0,357	760	65	0,65
6	93	428,17	4,20	419,91	0,420	768	73	0,73
6,33	108	497,23	4,88	487,64	0,488	774	79	0,79
6,67	120	552,48	5,42	541,82	0,542	780	85	0,85
7	131	603,12	5,91	591,48	0,591	783	88	0,88
7,33	137	630,75	6,19	618,57	0,619	787	92	0,92
7,67	141	649,16	6,37	636,64	0,637	787	92	0,92
8	142	653,77	6,41	641,15	0,641	787	92	0,92
8,33	142	653,77	6,41	641,15	0,641	787	92	0,92
8,67	141	649,16	6,37	636,64	0,637	785	90	0,9
9	140	644,56	6,32	632,12	0,632	784	89	0,89
9,33	139	639,96	6,28	627,60	0,628	783	88	0,88
9,67	137	630,75	6,19	618,57	0,619	780	85	0,85
10	135	621,54	6,10	609,54	0,610	778	83	0,83

Quadro A7.12- Ensaio de compressão em provete de solo a 25% regranulado cortiça expandida 3-5 aos 21 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 25% Cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1720,51 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1627,79 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda humidade aos 21 dias: 5,70%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	677	0	0
0,33	0	0,00	0,00	0,00	0,000	682	5	0,05
0,67	1	4,60	0,05	4,52	0,005	687	10	0,1
1	1	4,60	0,05	4,52	0,005	690	13	0,13
1,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	692	15	0,15
1,67	2	9,21	0,09	9,03	0,009	694	17	0,17
2	3	13,81	0,14	13,55	0,014	695	18	0,18
2,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	696	19	0,19
2,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	699	22	0,22
3	8	36,83	0,36	36,12	0,036	701	24	0,24
3,33	10	46,04	0,45	45,15	0,045	704	27	0,27
3,67	13	59,85	0,59	58,70	0,059	706	29	0,29
4	16	73,66	0,72	72,24	0,072	708	31	0,31
4,33	34	156,54	1,54	153,51	0,154	715	38	0,38
4,67	44	202,58	1,99	198,67	0,199	723	46	0,46
5	52	239,41	2,35	234,79	0,235	729	52	0,52
5,33	61	280,84	2,75	275,42	0,275	735	58	0,58
5,67	80	368,32	3,61	361,21	0,361	744	67	0,67
6	89	409,76	4,02	401,85	0,402	752	75	0,75
6,33	95	437,38	4,29	428,94	0,429	758	81	0,81
6,67	100	460,40	4,52	451,51	0,452	764	87	0,87
7	104	478,82	4,70	469,57	0,470	769	92	0,92
7,33	106	488,02	4,79	478,61	0,479	773	96	0,96
7,67	108	497,23	4,88	487,64	0,488	778	101	1,01
8	108	497,23	4,88	487,64	0,488	781	104	1,04
8,33	108	497,23	4,88	487,64	0,488	782	105	1,05
8,67	109	501,84	4,92	492,15	0,492	782	105	1,05
9	108	497,23	4,88	487,64	0,488	782	105	1,05
9,33	109	501,84	4,92	492,15	0,492	783	106	1,06
9,67	108	497,23	4,88	487,64	0,488	783	106	1,06
10	107	492,63	4,83	483,12	0,483	782	105	1,05

Anexo A8 - Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e provetes de solo com granulado de cortiça 3-5 aos 21 dias cura

Quadro A8.1 - Médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 3-5

Média dos Provetes					
Ensaio aos 21 dias de Cura					
Tempo	Solo	10% Adição	15% Adição	20% Adição	25% Adição
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0
0,33	0,045	0,038	0,041	0,041	0,003
0,67	0,123	0,111	0,104	0,113	0,008
1	0,208	0,221	0,173	0,201	0,011
1,33	0,355	0,328	0,251	0,312	0,018
1,67	0,524	0,464	0,354	0,447	0,021
2	0,697	0,605	0,468	0,590	0,030
2,33	0,909	0,754	0,579	0,748	0,042
2,67	1,073	0,891	0,712	0,892	0,053
3	1,269	1,034	0,853	1,052	0,071
3,33	1,458	1,221	0,977	1,219	0,090
3,67	1,615	1,352	1,087	1,351	0,119
4	1,764	1,467	1,180	1,470	0,152
4,33	1,889	1,561	1,255	1,568	0,229
4,67	1,979	1,631	1,297	1,636	0,265
5	2,014	1,680	1,318	1,671	0,316
5,33	1,865	1,696	1,309	1,623	0,366
5,67	1,793	1,698	1,281	1,590	0,436
6	1,659	1,665	1,239	1,521	0,483
6,33	1,430	1,634	1,181	1,415	0,521
6,67	1,285	1,573	1,109	1,322	0,549
7					0,573
7,33					0,585
7,67					0,593
8					0,593

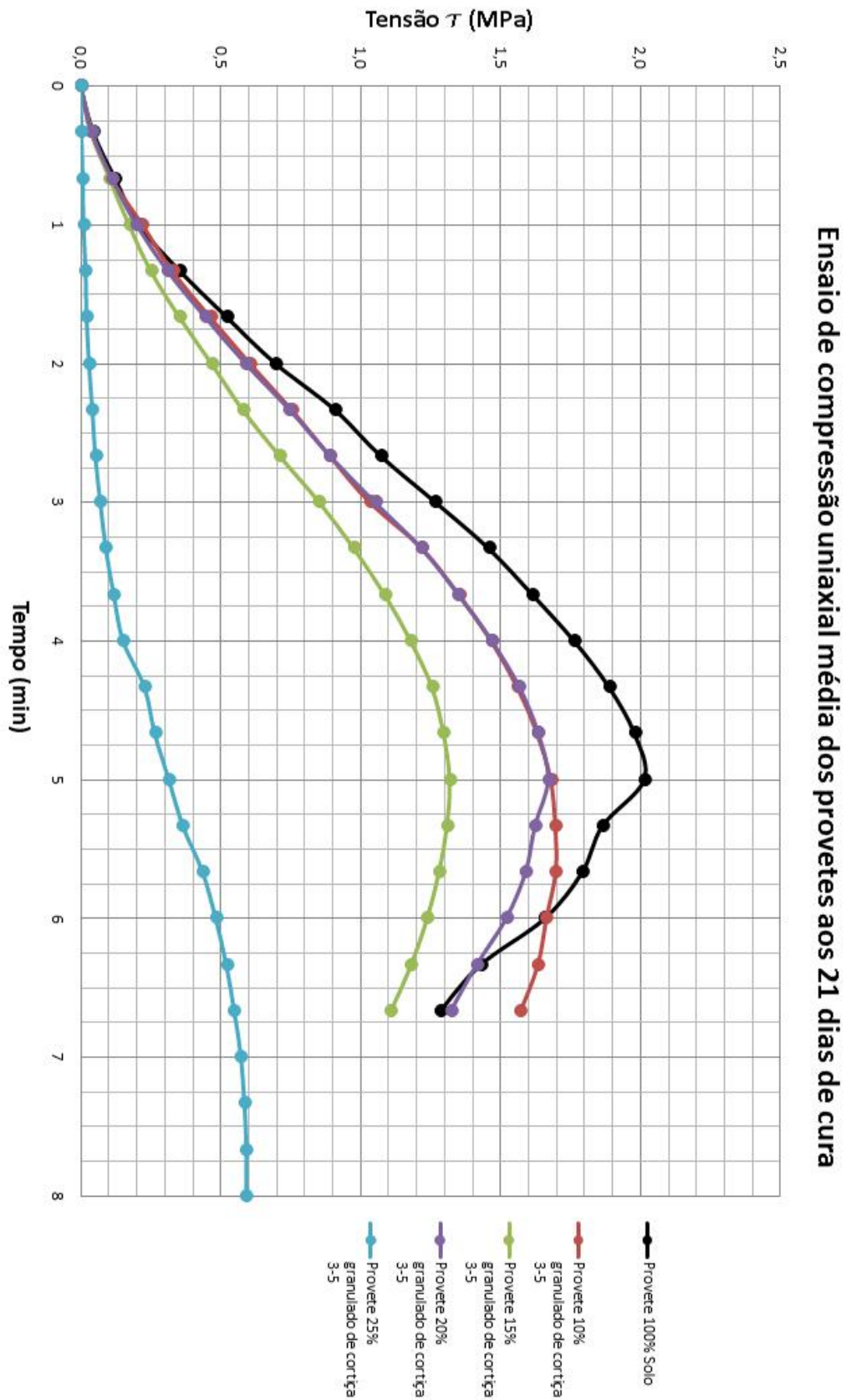


Figura A8.1 – Gráfico comparativo de médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 3-5

Anexo A9 - Dados dos ensaios de compressão dos provetes de 100% solo a mais 28 dias de cura

Quadro A9.1- Ensaio de compressão em provete 100% a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 05/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 – 100% solo			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2276,61 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2107,19 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 8,04%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	704	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	716	12	0,12
0,67	29	133,52	1,31	130,94	0,131	718	14	0,14
1	67	308,47	3,03	302,51	0,303	725	21	0,21
1,33	102	469,61	4,61	460,54	0,461	739	35	0,35
1,67	145	667,58	6,55	654,70	0,655	753	49	0,49
2	185	851,74	8,35	835,30	0,835	768	64	0,64
2,33	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	783	79	0,79
2,67	262	1206,25	11,83	1182,97	1,183	798	94	0,94
3	302	1390,41	13,64	1363,57	1,364	810	106	1,06
3,33	342	1574,57	15,44	1544,18	1,544	825	121	1,21
3,67	382	1758,73	17,25	1724,78	1,725	838	134	1,34
4	417	1919,87	18,83	1882,81	1,883	852	148	1,48
4,33	452	2081,01	20,41	2040,84	2,041	866	162	1,62
4,67	484	2228,34	21,85	2185,33	2,185	880	176	1,76
5	512	2357,25	23,12	2311,75	2,312	894	190	1,9
5,33	536	2467,74	24,20	2420,12	2,420	908	204	2,04
5,67	555	2555,22	25,06	2505,90	2,506	920	216	2,16
6	569	2619,68	25,69	2569,12	2,569	933	229	2,29
6,33	579	2665,72	26,14	2614,27	2,614	945	241	2,41
6,67	580	2670,32	26,19	2618,78	2,619	954	250	2,5
7	571	2628,88	25,78	2578,15	2,578	961	257	2,57
7,33	552	2541,41	24,92	2492,36	2,492	962	258	2,58
7,67	520	2394,08	23,48	2347,87	2,348	954	250	2,5
8	455	2094,82	20,54	2054,39	2,054	920	216	2,16
8,33	352	1620,61	15,89	1589,33	1,589	870	166	1,66
8,67	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	832	128	1,28
9	210	966,84	9,48	948,18	0,948	805	101	1,01
9,33	160	736,64	7,22	722,42	0,722	782	78	0,78
9,67	133	612,33	6,01	600,51	0,601	775	71	0,71
10	123	566,29	5,55	555,36	0,555	755	51	0,51

Quadro A9.2 - Ensaio de compressão em provete 100% a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 05/03/2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = $9,807 \times 10^{-3}$ kN					Provete tipo: Provete 5 – 100% solo			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2337,55 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2107,99 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,55%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	687	0	0
0,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	710	23	0,23
0,67	51	234,80	2,30	230,27	0,230	722	35	0,35
1	87	400,55	3,93	392,82	0,393	736	49	0,49
1,33	118	543,27	5,33	532,79	0,533	750	63	0,63
1,67	156	718,22	7,04	704,36	0,704	764	77	0,77
2	191	879,36	8,62	862,39	0,862	774	87	0,87
2,33	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	782	95	0,95
2,67	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	792	105	1,05
3	302	1390,41	13,64	1363,57	1,364	800	113	1,13
3,33	338	1556,15	15,26	1526,12	1,526	807	120	1,2
3,67	372	1712,69	16,80	1679,63	1,680	814	127	1,27
4	404	1860,02	18,24	1824,12	1,824	820	133	1,33
4,33	434	1998,14	19,60	1959,57	1,960	825	138	1,38
4,67	458	2108,63	20,68	2067,94	2,068	831	144	1,44
5	479	2205,32	21,63	2162,75	2,163	835	148	1,48
5,33	495	2278,98	22,35	2235,00	2,235	840	153	1,53
5,67	504	2320,42	22,76	2275,63	2,276	845	158	1,58
6	504	2320,42	22,76	2275,63	2,276	850	163	1,63
6,33	497	2288,19	22,44	2244,03	2,244	855	168	1,68
6,67	487	2242,15	21,99	2198,87	2,199	858	171	1,71
7	460	2117,84	20,77	2076,97	2,077	860	173	1,73
7,33	418	1924,47	18,87	1887,33	1,887	852	165	1,65
7,67	342	1574,57	15,44	1544,18	1,544	836	149	1,49
8	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	802	115	1,15
8,33	212	976,05	9,57	957,21	0,957	780	93	0,93
8,67	168	773,47	7,59	758,54	0,759	762	75	0,75
9	131	603,12	5,91	591,48	0,591	750	63	0,63
9,33	110	506,44	4,97	496,67	0,497	741	54	0,54
9,67	84	386,74	3,79	379,27	0,379	735	48	0,48
10	68	313,07	3,07	307,03	0,307	730	43	0,43

Quadro A9.3 - Ensaio de compressão em provete 100% a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 05/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provetete tipo: Provetete 2 – 100% solo			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provetete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provetete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provetete quando efetuado: 2311,81 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provetete no dia do ensaio: 2139,70 g			
Data de realização do Provetete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 8,02%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	713	0	0
0,33	19	87,48	0,86	85,79	0,086	730	17	0,17
0,67	68	313,07	3,07	307,03	0,307	745	32	0,32
1	114	524,86	5,15	514,73	0,515	757	44	0,44
1,33	149	686,00	6,73	672,76	0,673	770	57	0,57
1,67	187	860,95	8,44	844,33	0,844	782	69	0,69
2	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	795	82	0,82
2,33	271	1247,68	12,24	1223,60	1,224	809	96	0,96
2,67	311	1431,84	14,04	1404,21	1,404	822	109	1,09
3	354	1629,82	15,98	1598,36	1,598	835	122	1,22
3,33	394	1813,98	17,79	1778,97	1,779	847	134	1,34
3,67	434	1998,14	19,60	1959,57	1,960	858	145	1,45
4	470	2163,88	21,22	2122,12	2,122	870	157	1,57
4,33	505	2325,02	22,80	2280,15	2,280	879	166	1,66
4,67	541	2490,76	24,43	2442,69	2,443	887	174	1,74
5	569	2619,68	25,69	2569,12	2,569	893	180	1,8
5,33	592	2725,57	26,73	2672,96	2,673	897	184	1,84
5,67	605	2785,42	27,32	2731,66	2,732	900	187	1,87
6	602	2771,61	27,18	2718,12	2,718	902	189	1,89
6,33	592	2725,57	26,73	2672,96	2,673	907	194	1,94
6,67	570	2624,28	25,74	2573,63	2,574	908	195	1,95
7	523	2407,89	23,61	2361,42	2,361	895	182	1,82
7,33	447	2057,99	20,18	2018,27	2,018	875	162	1,62
7,67	343	1579,17	15,49	1548,69	1,549	842	129	1,29
8	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	805	92	0,92

Quadro A9.4 - Ensaio de compressão em provete 100% a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 05/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 – 100% solo			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2312,52 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2141,80 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,97%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	705	0	0
0,33	30	138,12	1,35	135,45	0,135	728	23	0,23
0,67	60	276,24	2,71	270,91	0,271	742	37	0,37
1	100	460,40	4,52	451,51	0,452	755	50	0,50
1,33	148	681,39	6,68	668,24	0,668	768	63	0,63
1,67	182	837,93	8,22	821,76	0,822	776	71	0,71
2	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	788	83	0,83
2,33	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	800	95	0,95
2,67	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	810	105	1,05
3	362	1666,65	16,34	1634,48	1,634	832	127	1,27
3,33	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	852	147	1,47
3,67	455	2094,82	20,54	2054,39	2,054	868	163	1,63
4	500	2302,00	22,58	2257,57	2,258	882	177	1,77
4,33	540	2486,16	24,38	2438,18	2,438	886	181	1,81
4,67	571	2628,88	25,78	2578,15	2,578	891	186	1,86
5	605	2785,42	27,32	2731,66	2,732	893	188	1,88
5,33	635	2923,54	28,67	2867,12	2,867	896	191	1,91
5,67	660	3038,64	29,80	2979,99	2,980	896	191	1,91
6	665	3061,66	30,03	3002,57	3,003	885	180	1,80
6,33	661	3043,24	29,85	2984,51	2,985	871	166	1,66
6,67	658	3029,43	29,71	2970,96	2,971	855	150	1,50
7	611	2813,04	27,59	2758,75	2,759	822	117	1,17
7,33	530	2440,12	23,93	2393,03	2,393	795	90	0,90
7,67	440	2025,76	19,87	1986,66	1,987	794	89	0,89
8	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	775	70	0,70

Anexo A10 – Dados dos ensaios de provetes de solo com 10% argila expandida 2-4 com mais 28 dias cura

Quadro A10.1- Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 05/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo mais 10% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2190,36 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2030,87 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,85%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	709	0	0
0,33	30	138,12	1,35	135,45	0,135	720	11	0,11
0,67	69	317,68	3,12	311,54	0,312	745	36	0,36
1	105	483,42	4,74	474,09	0,474	760	51	0,51
1,33	150	690,60	6,77	677,27	0,677	772	63	0,63
1,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	783	74	0,74
2	241	1109,56	10,88	1088,15	1,088	798	89	0,89
2,33	298	1371,99	13,46	1345,51	1,346	812	103	1,03
2,67	344	1583,78	15,53	1553,21	1,553	828	119	1,19
3	405	1864,62	18,29	1828,63	1,829	843	134	1,34
3,33	462	2127,05	20,86	2086,00	2,086	858	149	1,49
3,67	512	2357,25	23,12	2311,75	2,312	872	163	1,63
4	564	2596,66	25,47	2546,54	2,547	885	176	1,76
4,33	615	2831,46	27,77	2776,81	2,777	900	191	1,91
4,67	652	3001,81	29,44	2943,87	2,944	909	200	2
5	690	3176,76	31,15	3115,45	3,115	916	207	2,07
5,33	711	3273,44	32,10	3210,27	3,210	920	211	2,11
5,67	720	3314,88	32,51	3250,90	3,251	921	212	2,12
6	713	3282,65	32,19	3219,30	3,219	920	211	2,11
6,33	676	3112,30	30,52	3052,24	3,052	918	209	2,09
6,67	586	2697,94	26,46	2645,87	2,646	902	193	1,93
7	454	2090,22	20,50	2049,87	2,050	875	166	1,66
7,33	347	1597,59	15,67	1566,75	1,567	850	141	1,41
7,67	266	1224,66	12,01	1201,03	1,201	828	119	1,19
8	205	943,82	9,26	925,60	0,926	812	103	1,03

Quadro A10.2 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 05/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo mais 10% Argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2195,19 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2030,82 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 8,09%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	710	0	0
0,33	27	124,31	1,22	121,91	0,122	720	10	0,1
0,67	56	257,82	2,53	252,85	0,253	748	38	0,38
1	103	474,21	4,65	465,06	0,465	765	55	0,55
1,33	145	667,58	6,55	654,70	0,655	780	70	0,7
1,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	792	82	0,82
2	237	1091,15	10,70	1070,09	1,070	808	98	0,98
2,33	284	1307,54	12,82	1282,30	1,282	822	112	1,12
2,67	334	1537,74	15,08	1508,06	1,508	838	128	1,28
3	385	1772,54	17,38	1738,33	1,738	854	144	1,44
3,33	441	2030,36	19,91	1991,18	1,991	870	160	1,6
3,67	483	2223,73	21,81	2180,81	2,181	885	175	1,75
4	530	2440,12	23,93	2393,03	2,393	905	195	1,95
4,33	576	2651,90	26,01	2600,72	2,601	920	210	2,1
4,67	620	2854,48	27,99	2799,39	2,799	938	228	2,28
5	661	3043,24	29,85	2984,51	2,985	954	244	2,44
5,33	698	3213,59	31,52	3151,57	3,152	970	260	2,6
5,67	723	3328,69	32,64	3264,45	3,264	990	280	2,8
6	743	3420,77	33,55	3354,75	3,355	1010	300	3
6,33	752	3462,21	33,95	3395,39	3,395	1022	312	3,12
6,67	747	3439,19	33,73	3372,81	3,373	1028	318	3,18
7	713	3282,65	32,19	3219,30	3,219	1022	312	3,12
7,33	610	2808,44	27,54	2754,24	2,754	970	260	2,6
7,67	405	1864,62	18,29	1828,63	1,829	870	160	1,6
8	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	820	110	1,1

Quadro A10.3 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 12/03/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provette tipo: Provete 6 - Solo com 10% argila 2-4			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2140,34 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1984,49 g			
Data de realização do Provete: 05/03/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,85%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	643	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	650	7	0,07
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	661	18	0,18
1	10	46,04	0,45	45,15	0,045	665	22	0,22
1,33	30	138,12	1,35	135,45	0,135	678	35	0,35
1,67	61	280,84	2,75	275,42	0,275	695	52	0,52
2	96	441,98	4,33	433,45	0,433	712	69	0,69
2,33	137	630,75	6,19	618,57	0,619	728	85	0,85
2,67	179	824,12	8,08	808,21	0,808	745	102	1,02
3	221	1017,48	9,98	997,85	0,998	758	115	1,15
3,33	267	1229,27	12,06	1205,54	1,206	775	132	1,32
3,67	314	1445,66	14,18	1417,75	1,418	787	144	1,44
4	371	1708,08	16,75	1675,12	1,675	810	167	1,67
4,33	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	825	182	1,82
4,67	451	2076,40	20,36	2036,33	2,036	842	199	1,99
5	504	2320,42	22,76	2275,63	2,276	857	214	2,14
5,33	542	2495,37	24,47	2447,21	2,447	872	229	2,29
5,67	575	2647,30	25,96	2596,21	2,596	890	247	2,47
6	604	2780,82	27,27	2727,15	2,727	908	265	2,65
6,33	624	2872,90	28,17	2817,45	2,817	922	279	2,79
6,67	629	2895,92	28,40	2840,02	2,840	930	287	2,87
7	609	2803,84	27,50	2749,72	2,750	935	292	2,92
7,33	574	2642,70	25,92	2591,69	2,592	935	292	2,92
7,67	475	2186,90	21,45	2144,69	2,145	882	239	2,39
8	385	1772,54	17,38	1738,33	1,738	828	185	1,85

Quadro A10.4 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 12/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 10% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2229,26 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2067,33 g			
Data de realização do Provete: 05/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,83%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	678	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	690	12	0,12
0,67	9	41,44	0,41	40,64	0,041	692	14	0,14
1	45	207,18	2,03	203,18	0,203	699	21	0,21
1,33	92	423,57	4,15	415,39	0,415	715	37	0,37
1,67	149	686,00	6,73	672,76	0,673	730	52	0,52
2	197	906,99	8,89	889,48	0,889	742	64	0,64
2,33	244	1123,38	11,02	1101,69	1,102	755	77	0,77
2,67	295	1358,18	13,32	1331,97	1,332	770	92	0,92
3	347	1597,59	15,67	1566,75	1,567	785	107	1,07
3,33	404	1860,02	18,24	1824,12	1,824	802	124	1,24
3,67	455	2094,82	20,54	2054,39	2,054	818	140	1,4
4	504	2320,42	22,76	2275,63	2,276	835	157	1,57
4,33	553	2546,01	24,97	2496,87	2,497	850	172	1,72
4,67	600	2762,40	27,09	2709,09	2,709	868	190	1,9
5	641	2951,16	28,94	2894,21	2,894	885	207	2,07
5,33	675	3107,70	30,48	3047,72	3,048	905	227	2,27
5,67	699	3218,20	31,56	3156,08	3,156	923	245	2,45
6	708	3259,63	31,97	3196,72	3,197	952	274	2,74
6,33	700	3222,80	31,61	3160,60	3,161	971	293	2,93
6,67	670	3084,68	30,25	3025,15	3,025	992	314	3,14
7	620	2854,48	27,99	2799,39	2,799	1002	324	3,24
7,33	602	2771,61	27,18	2718,12	2,718	920	242	2,42
7,67	309	1422,64	13,95	1395,18	1,395	850	172	1,72
8	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	808	130	1,3

Quadro A10.5- Ensaio de compressão em provete de solo a 15% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 12/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 5 - Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2002,59 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1857,70 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,80%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	654	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	670	16	0,16
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	675	21	0,21
1	32	147,33	1,44	144,48	0,144	684	30	0,30
1,33	68	313,07	3,07	307,03	0,307	698	44	0,44
1,67	116	534,06	5,24	523,76	0,524	717	63	0,63
2	168	773,47	7,59	758,54	0,759	735	81	0,81
2,33	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	753	99	0,99
2,67	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	772	118	1,18
3	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	790	136	1,36
3,33	395	1818,58	17,83	1783,48	1,783	808	154	1,54
3,67	445	2048,78	20,09	2009,24	2,009	828	174	1,74
4	490	2255,96	22,12	2212,42	2,212	848	194	1,94
4,33	543	2499,97	24,52	2451,72	2,452	865	211	2,11
4,67	581	2674,92	26,23	2623,30	2,623	880	226	2,26
5	613	2822,25	27,68	2767,78	2,768	904	250	2,50
5,33	646	2974,18	29,17	2916,78	2,917	928	274	2,74
5,67	640	2946,56	28,90	2889,69	2,890	954	300	3,00
6	634	2918,94	28,63	2862,60	2,863	980	326	3,26
6,33	616	2836,06	27,81	2781,33	2,781	1002	348	3,48
6,67	585	2693,34	26,41	2641,36	2,641	1015	361	3,61
7	442	2034,97	19,96	1995,69	1,996	1018	364	3,64
7,33	412	1896,85	18,60	1860,24	1,860	960	306	3,06
7,67	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	855	201	2,01
8	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	800	146	1,46

Quadro A10.6- Ensaio de compressão em provete de solo a 15% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 12/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1- Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ Mpa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2129,63 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1983,15 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,39%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	671	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	685	14	0,14
0,67	24	110,50	1,08	108,36	0,108	692	21	0,21
1	64	294,66	2,89	288,97	0,289	706	35	0,35
1,33	110	506,44	4,97	496,67	0,497	725	54	0,54
1,67	164	755,06	7,40	740,48	0,740	745	74	0,74
2	215	989,86	9,71	970,76	0,971	764	93	0,93
2,33	267	1229,27	12,06	1205,54	1,206	781	110	1,1
2,67	324	1491,70	14,63	1462,91	1,463	800	129	1,29
3	400	1841,60	18,06	1806,06	1,806	822	151	1,51
3,33	433	1993,53	19,55	1955,06	1,955	838	167	1,67
3,67	490	2255,96	22,12	2212,42	2,212	858	187	1,87
4	540	2486,16	24,38	2438,18	2,438	885	214	2,14
4,33	600	2762,40	27,09	2709,09	2,709	898	227	2,27
4,67	633	2914,33	28,58	2858,09	2,858	915	244	2,44
5	672	3093,89	30,34	3034,18	3,034	938	267	2,67
5,33	700	3222,80	31,61	3160,60	3,161	960	289	2,89
5,67	709	3264,24	32,01	3201,24	3,201	985	314	3,14
6	688	3167,55	31,06	3106,42	3,106	1014	343	3,43
6,33	649	2988,00	29,30	2930,33	2,930	1044	373	3,73
6,67	613	2822,25	27,68	2767,78	2,768	1065	394	3,94
7	578	2661,11	26,10	2609,75	2,610	1080	409	4,09
7,33	520	2394,08	23,48	2347,87	2,348	1088	417	4,17
7,67	287	1321,35	12,96	1295,85	1,296	880	209	2,09
8	242	1114,17	10,93	1092,66	1,093	880	209	2,09

Quadro A10 7 - Ensaio de compressão em provete de solo a 15% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 12/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2059,40 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1919,96 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,26%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) KPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	684	0	0
0,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	700	16	0,16
0,67	15	69,06	0,68	67,73	0,068	705	21	0,21
1	35	161,14	1,58	158,03	0,158	710	26	0,26
1,33	60	276,24	2,71	270,91	0,271	719	35	0,35
1,67	105	483,42	4,74	474,09	0,474	729	45	0,45
2	155	713,62	7,00	699,85	0,700	742	58	0,58
2,33	205	943,82	9,26	925,60	0,926	767	83	0,83
2,67	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	773	89	0,89
3	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	788	104	1,04
3,33	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	804	120	1,2
3,67	370	1703,48	16,71	1670,60	1,671	821	137	1,37
4	420	1933,68	18,96	1896,36	1,896	839	155	1,55
4,33	480	2209,92	21,67	2167,27	2,167	856	172	1,72
4,67	535	2463,14	24,16	2415,60	2,416	875	191	1,91
5	585	2693,34	26,41	2641,36	2,641	891	207	2,07
5,33	635	2923,54	28,67	2867,12	2,867	900	216	2,16
5,67	680	3130,72	30,70	3070,30	3,070	905	221	2,21
6	715	3291,86	32,28	3228,33	3,228	922	238	2,38
6,33	710	3268,84	32,06	3205,75	3,206	932	248	2,48
6,67	635	2923,54	28,67	2867,12	2,867	944	260	2,6
7	540	2486,16	24,38	2438,18	2,438	956	272	2,72
7,33	510	2348,04	23,03	2302,72	2,303	976	292	2,92
7,67	440	2025,76	19,87	1986,66	1,987	969	285	2,85
8	390	1795,56	17,61	1760,91	1,761	935	251	2,51

Quadro A10.8 - Ensaio de compressão em provete de solo a 15% argila expandida 2-4 com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 12/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 15% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1993,26 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1866,70 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,78%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	686	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	704	18	0,18
0,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	704	18	0,18
1	15	69,06	0,68	67,73	0,068	705	19	0,19
1,33	28	128,91	1,26	126,42	0,126	709	23	0,23
1,67	62	285,45	2,80	279,94	0,280	722	36	0,36
2	95	437,38	4,29	428,94	0,429	731	45	0,45
2,33	135	621,54	6,10	609,54	0,610	744	58	0,58
2,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	759	73	0,73
3	244	1123,38	11,02	1101,69	1,102	775	89	0,89
3,33	293	1348,97	13,23	1322,94	1,323	791	105	1,05
3,67	340	1565,36	15,35	1535,15	1,535	805	119	1,19
4	395	1818,58	17,83	1783,48	1,783	822	136	1,36
4,33	445	2048,78	20,09	2009,24	2,009	838	152	1,52
4,67	480	2209,92	21,67	2167,27	2,167	850	164	1,64
5	525	2417,10	23,70	2370,45	2,370	868	182	1,82
5,33	560	2578,24	25,28	2528,48	2,528	885	199	1,99
5,67	580	2670,32	26,19	2618,78	2,619	900	214	2,14
6	591	2720,96	26,68	2668,45	2,668	918	232	2,32
6,33	584	2688,74	26,37	2636,84	2,637	940	254	2,54
6,67	578	2661,11	26,10	2609,75	2,610	959	273	2,73
7	552	2541,41	24,92	2492,36	2,492	975	289	2,89
7,33	502	2311,21	22,67	2266,60	2,267	979	293	2,93
7,67	405	1864,62	18,29	1828,63	1,829	950	264	2,64
8	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	920	234	2,34

Quadro A10.9- Ensaio de compressão em provete de solo a 20% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 5- Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2072,97 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1945,49 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,55%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	666	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	680	14	0,14
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	684	18	0,18
1	8	36,83	0,36	36,12	0,036	690	24	0,24
1,33	23	105,89	1,04	103,85	0,104	702	36	0,36
1,67	52	239,41	2,35	234,79	0,235	724	58	0,58
2	94	432,78	4,24	424,42	0,424	746	80	0,8
2,33	140	644,56	6,32	632,12	0,632	762	96	0,96
2,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	780	114	1,14
3	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	798	132	1,32
3,33	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	812	146	1,46
3,67	345	1588,38	15,58	1557,72	1,558	830	164	1,64
4	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	848	182	1,82
4,33	453	2085,61	20,45	2045,36	2,045	863	197	1,97
4,67	504	2320,42	22,76	2275,63	2,276	880	214	2,14
5	556	2559,82	25,10	2510,42	2,510	895	229	2,29
5,33	600	2762,40	27,09	2709,09	2,709	910	244	2,44
5,67	649	2988,00	29,30	2930,33	2,930	925	259	2,59
6	687	3162,95	31,02	3101,90	3,102	937	271	2,71
6,33	725	3337,90	32,73	3273,48	3,273	946	280	2,8
6,67	705	3245,82	31,83	3183,18	3,183	958	292	2,92
7	670	3084,68	30,25	3025,15	3,025	967	301	3,01
7,33	595	2739,38	26,87	2686,51	2,687	975	309	3,09
7,67	505	2325,02	22,80	2280,15	2,280	975	309	3,09
8	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	952	286	2,86
8,33	385	1772,54	17,38	1738,33	1,738	830	164	1,64
8,67	253	1164,81	11,42	1142,33	1,142	778	112	1,12
9	196	902,38	8,85	884,97	0,885	755	89	0,89

Quadro A10.10 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 19/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2025,92 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1909,24 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,11%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	615	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	645	30	0,3
0,67	20	92,08	0,90	90,30	0,090	672	57	0,57
1	55	253,22	2,48	248,33	0,248	696	81	0,81
1,33	98	451,19	4,42	442,48	0,442	712	97	0,97
1,67	148	681,39	6,68	668,24	0,668	730	115	1,15
2	203	934,61	9,17	916,57	0,917	746	131	1,31
2,33	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	762	147	1,47
2,67	309	1422,64	13,95	1395,18	1,395	775	160	1,6
3	362	1666,65	16,34	1634,48	1,634	792	177	1,77
3,33	403	1855,41	18,20	1819,60	1,820	805	190	1,9
3,67	460	2117,84	20,77	2076,97	2,077	820	205	2,05
4	508	2338,83	22,94	2293,69	2,294	835	220	2,2
4,33	560	2578,24	25,28	2528,48	2,528	850	235	2,35
4,67	600	2762,40	27,09	2709,09	2,709	867	252	2,52
5	639	2941,96	28,85	2885,18	2,885	883	268	2,68
5,33	668	3075,47	30,16	3016,12	3,016	898	283	2,83
5,67	689	3172,16	31,11	3110,93	3,111	912	297	2,97
6	692	3185,97	31,24	3124,48	3,124	928	313	3,13
6,33	660	3038,64	29,80	2979,99	2,980	945	330	3,3
6,67	618	2845,27	27,90	2790,36	2,790	957	342	3,42
7	537	2472,35	24,25	2424,63	2,425	962	347	3,47
7,33	368	1694,27	16,62	1661,57	1,662	890	275	2,75
7,67	267	1229,27	12,06	1205,54	1,206	830	215	2,15
8	193	888,57	8,71	871,42	0,871	793	178	1,78
8,33	143	658,37	6,46	645,67	0,646	770	155	1,55
8,67	105	483,42	4,74	474,09	0,474	754	139	1,39
9	80	368,32	3,61	361,21	0,361	746	131	1,31

Quadro A10.11- Ensaio de compressão em provete de solo a 20% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2027,40 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1899,08 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,76%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	581	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	610	29	0,29
0,67	2	9,21	0,09	9,03	0,009	625	44	0,44
1	4	18,42	0,18	18,06	0,018	640	59	0,59
1,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	655	74	0,74
1,67	13	59,85	0,59	58,70	0,059	670	89	0,89
2	30	138,12	1,35	135,45	0,135	689	108	1,08
2,33	60	276,24	2,71	270,91	0,271	705	124	1,24
2,67	99	455,80	4,47	447,00	0,447	721	140	1,4
3	143	658,37	6,46	645,67	0,646	728	147	1,47
3,33	189	870,16	8,53	853,36	0,853	753	172	1,72
3,67	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	765	184	1,84
4	292	1344,37	13,18	1318,42	1,318	780	199	1,99
4,33	346	1592,98	15,62	1562,24	1,562	797	216	2,16
4,67	400	1841,60	18,06	1806,06	1,806	808	227	2,27
5	450	2071,80	20,32	2031,81	2,032	821	240	2,4
5,33	506	2329,62	22,85	2284,66	2,285	835	254	2,54
5,67	554	2550,62	25,01	2501,39	2,501	847	266	2,66
6	602	2771,61	27,18	2718,12	2,718	856	275	2,75
6,33	639	2941,96	28,85	2885,18	2,885	864	283	2,83
6,67	679	3126,12	30,66	3065,78	3,066	864	283	2,83
7	668	3075,47	30,16	3016,12	3,016	865	284	2,84
7,33	658	3029,43	29,71	2970,96	2,971	850	269	2,69
7,67	651	2997,20	29,39	2939,36	2,939	848	267	2,67
8	634	2918,94	28,63	2862,60	2,863	835	254	2,54
8,33	447	2057,99	20,18	2018,27	2,018	815	234	2,34
8,67	298	1371,99	13,46	1345,51	1,346	761	180	1,8
9	210	966,84	9,48	948,18	0,948	748	167	1,67

Quadro A10.12 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 20% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2037,24 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1909,25 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,70%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	598	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	615	17	0,17
0,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	640	42	0,42
1	13	59,85	0,59	58,70	0,059	660	62	0,62
1,33	29	133,52	1,31	130,94	0,131	675	77	0,77
1,67	65	299,26	2,93	293,48	0,293	689	91	0,91
2	108	497,23	4,88	487,64	0,488	700	102	1,02
2,33	152	699,81	6,86	686,30	0,686	710	112	1,12
2,67	198	911,59	8,94	894,00	0,894	720	122	1,22
3	247	1137,19	11,15	1115,24	1,115	733	135	1,35
3,33	298	1371,99	13,46	1345,51	1,346	745	147	1,47
3,67	352	1620,61	15,89	1589,33	1,589	757	159	1,59
4	409	1883,04	18,47	1846,69	1,847	771	173	1,73
4,33	457	2104,03	20,63	2063,42	2,063	783	185	1,85
4,67	507	2334,23	22,89	2289,18	2,289	797	199	1,99
5	561	2582,84	25,33	2533,00	2,533	810	212	2,12
5,33	603	2776,21	27,23	2722,63	2,723	823	225	2,25
5,67	639	2941,96	28,85	2885,18	2,885	836	238	2,38
6	669	3080,08	30,21	3020,63	3,021	846	248	2,48
6,33	695	3199,78	31,38	3138,02	3,138	853	255	2,55
6,67	704	3241,22	31,79	3178,66	3,179	858	260	2,6
7	689	3172,16	31,11	3110,93	3,111	860	262	2,62
7,33	642	2955,77	28,99	2898,72	2,899	868	270	2,7
7,67	542	2495,37	24,47	2447,21	2,447	870	272	2,72
8	335	1542,34	15,13	1512,57	1,513	715	117	1,17
8,33	231	1063,52	10,43	1043,00	1,043	680	82	0,82
8,67	202	930,01	9,12	912,06	0,912	670	72	0,72
9	180	828,72	8,13	812,73	0,813	660	62	0,62

Quadro A10.13- Ensaio de compressão em provete de solo a 25% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1863,89 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1754,81 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,22%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	510	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	530	20	0,2
0,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	560	50	0,5
1	35	161,14	1,58	158,03	0,158	595	85	0,85
1,33	46	211,78	2,08	207,70	0,208	618	108	1,08
1,67	73	336,09	3,30	329,61	0,330	642	132	1,32
2	114	524,86	5,15	514,73	0,515	658	148	1,48
2,33	155	713,62	7,00	699,85	0,700	672	162	1,62
2,67	200	920,80	9,03	903,03	0,903	683	173	1,73
3	251	1155,60	11,33	1133,30	1,133	700	190	1,9
3,33	297	1367,39	13,41	1341,00	1,341	717	207	2,07
3,67	343	1579,17	15,49	1548,69	1,549	732	222	2,22
4	387	1781,75	17,47	1747,36	1,747	752	242	2,42
4,33	425	1956,70	19,19	1918,94	1,919	770	260	2,6
4,67	454	2090,22	20,50	2049,87	2,050	792	282	2,82
5	475	2186,90	21,45	2144,69	2,145	815	305	3,05
5,33	488	2246,75	22,03	2203,39	2,203	832	322	3,22
5,67	484	2228,34	21,85	2185,33	2,185	852	342	3,42
6	452	2081,01	20,41	2040,84	2,041	872	362	3,62
6,33	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	880	370	3,7
6,67	371	1708,08	16,75	1675,12	1,675	881	371	3,71
7	331	1523,92	14,95	1494,51	1,495	877	367	3,67
7,33	271	1247,68	12,24	1223,60	1,224	855	345	3,45
7,67	233	1072,73	10,52	1052,03	1,052	832	322	3,22
8	189	870,16	8,53	853,36	0,853	808	298	2,98
8,33	157	722,83	7,09	708,88	0,709	792	282	2,82
8,67	130	598,52	5,87	586,97	0,587	778	268	2,68
9	109	501,84	4,92	492,15	0,492	768	258	2,58

Quadro A10.14 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1850,16 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1745,63 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,99%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	672	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	694	22	0,22
0,67	13	59,85	0,59	58,70	0,059	714	42	0,42
1	45	207,18	2,03	203,18	0,203	735	63	0,63
1,33	100	460,40	4,52	451,51	0,452	762	90	0,9
1,67	137	630,75	6,19	618,57	0,619	770	98	0,98
2	187	860,95	8,44	844,33	0,844	785	113	1,13
2,33	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	802	130	1,3
2,67	294	1353,58	13,27	1327,45	1,327	818	146	1,46
3	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	835	163	1,63
3,33	402	1850,81	18,15	1815,09	1,815	853	181	1,81
3,67	457	2104,03	20,63	2063,42	2,063	871	199	1,99
4	508	2338,83	22,94	2293,69	2,294	890	218	2,18
4,33	560	2578,24	25,28	2528,48	2,528	907	235	2,35
4,67	598	2753,19	27,00	2700,06	2,700	924	252	2,52
5	639	2941,96	28,85	2885,18	2,885	940	268	2,68
5,33	663	3052,45	29,94	2993,54	2,994	965	293	2,93
5,67	678	3121,51	30,61	3061,27	3,061	973	301	3,01
6	668	3075,47	30,16	3016,12	3,016	995	323	3,23
6,33	620	2854,48	27,99	2799,39	2,799	1003	331	3,31
6,67	565	2601,26	25,51	2551,06	2,551	1011	339	3,39
7	463	2131,65	20,91	2090,51	2,091	980	308	3,08
7,33	392	1804,77	17,70	1769,94	1,770	845	173	1,73
7,67	239	1100,36	10,79	1079,12	1,079	835	163	1,63
8	215	989,86	9,71	970,76	0,971	827	155	1,55
8,33	102	469,61	4,61	460,54	0,461	825	153	1,53
8,67	92	423,57	4,15	415,39	0,415	825	153	1,53
9	85	391,34	3,84	383,79	0,384	825	153	1,53

Quadro A10.15 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1901,48 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1791,78 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,12%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	736	0	0
0,33	12	55,25	0,54	54,18	0,054	752	16	0,16
0,67	45	207,18	2,03	203,18	0,203	765	29	0,29
1	87	400,55	3,93	392,82	0,393	783	47	0,47
1,33	140	644,56	6,32	632,12	0,632	800	64	0,64
1,67	193	888,57	8,71	871,42	0,871	818	82	0,82
2	239	1100,36	10,79	1079,12	1,079	830	94	0,94
2,33	294	1353,58	13,27	1327,45	1,327	845	109	1,09
2,67	349	1606,80	15,76	1575,78	1,576	862	126	1,26
3	405	1864,62	18,29	1828,63	1,829	877	141	1,41
3,33	465	2140,86	21,00	2099,54	2,100	893	157	1,57
3,67	510	2348,04	23,03	2302,72	2,303	908	172	1,72
4	549	2527,60	24,79	2478,81	2,479	922	186	1,86
4,33	582	2679,53	26,28	2627,81	2,628	934	198	1,98
4,67	608	2799,23	27,45	2745,21	2,745	944	208	2,08
5	622	2863,69	28,08	2808,42	2,808	956	220	2,2
5,33	615	2831,46	27,77	2776,81	2,777	963	227	2,27
5,67	572	2633,49	25,83	2582,66	2,583	975	239	2,39
6	495	2278,98	22,35	2235,00	2,235	987	251	2,51
6,33	425	1956,70	19,19	1918,94	1,919	987	251	2,51
6,67	349	1606,80	15,76	1575,78	1,576	950	214	2,14
7	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	906	170	1,7
7,33	200	920,80	9,03	903,03	0,903	870	134	1,34
7,67	157	722,83	7,09	708,88	0,709	848	112	1,12
8	134	616,94	6,05	605,03	0,605	838	102	1,02
8,33	120	552,48	5,42	541,82	0,542	832	96	0,96
8,67	106	488,02	4,79	478,61	0,479	828	92	0,92
9	95	437,38	4,29	428,94	0,429	822	86	0,86

Quadro A10.16 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% argila expandida 2-4 a mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 06/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 25% argila 2-4			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1859,37 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1755,49 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,92%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	767	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	770	3	0,03
0,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	772	5	0,05
1	42	193,37	1,90	189,64	0,190	776	9	0,09
1,33	80	368,32	3,61	361,21	0,361	790	23	0,23
1,67	112	515,65	5,06	505,70	0,506	802	35	0,35
2	155	713,62	7,00	699,85	0,700	820	53	0,53
2,33	203	934,61	9,17	916,57	0,917	835	68	0,68
2,67	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	855	88	0,88
3	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	871	104	1,04
3,33	360	1657,44	16,25	1625,45	1,625	890	123	1,23
3,67	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	910	143	1,43
4	451	2076,40	20,36	2036,33	2,036	928	161	1,61
4,33	483	2223,73	21,81	2180,81	2,181	948	181	1,81
4,67	515	2371,06	23,25	2325,30	2,325	970	203	2,03
5	528	2430,91	23,84	2384,00	2,384	993	226	2,26
5,33	535	2463,14	24,16	2415,60	2,416	1010	243	2,43
5,67	530	2440,12	23,93	2393,03	2,393	1020	253	2,53
6	512	2357,25	23,12	2311,75	2,312	1032	265	2,65
6,33	481	2214,52	21,72	2171,78	2,172	1028	261	2,61
6,67	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	985	218	2,18
7	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	935	168	1,68
7,33	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	895	128	1,28
7,67	200	920,80	9,03	903,03	0,903	860	93	0,93
8	170	782,68	7,68	767,57	0,768	848	81	0,81

Anexo A11 - Dados comparativos de provetes de solo e solo mais argila expandida 2-4

Quadro A11.1- Médias dos ensaios de provetes de solo e solo com argila expandida 2-4

Média dos provetes					
Ensaio a mais 28 dias de cura					
Tempo	Solo	10% Argila	15% Argila	20% Argila	25% Argila
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0
0,33	0,072	0,067	0,015	0,007	0,026
0,67	0,235	0,155	0,064	0,034	0,084
1	0,415	0,297	0,165	0,090	0,236
1,33	0,584	0,471	0,300	0,177	0,413
1,67	0,756	0,666	0,505	0,314	0,581
2	0,949	0,870	0,715	0,491	0,785
2,33	1,133	1,087	0,939	0,680	1,007
2,67	1,307	1,300	1,187	0,899	1,245
3	1,490	1,533	1,449	1,125	1,485
3,33	1,675	1,777	1,660	1,332	1,720
3,67	1,855	1,991	1,857	1,577	1,947
4	2,022	2,223	2,083	1,814	2,139
4,33	2,180	2,431	2,334	2,050	2,314
4,67	2,319	2,622	2,516	2,270	2,455
5	2,444	2,817	2,703	2,490	2,556
5,33	2,549	2,964	2,868	2,683	2,597
5,67	2,623	3,067	2,945	2,857	2,556
6	2,641	3,124	2,966	2,991	2,401
6,33	2,629	3,106	2,889	3,069	2,185
6,67	2,591	2,971	2,722	3,054	1,913
7	2,444	2,705	2,384	2,894	1,557

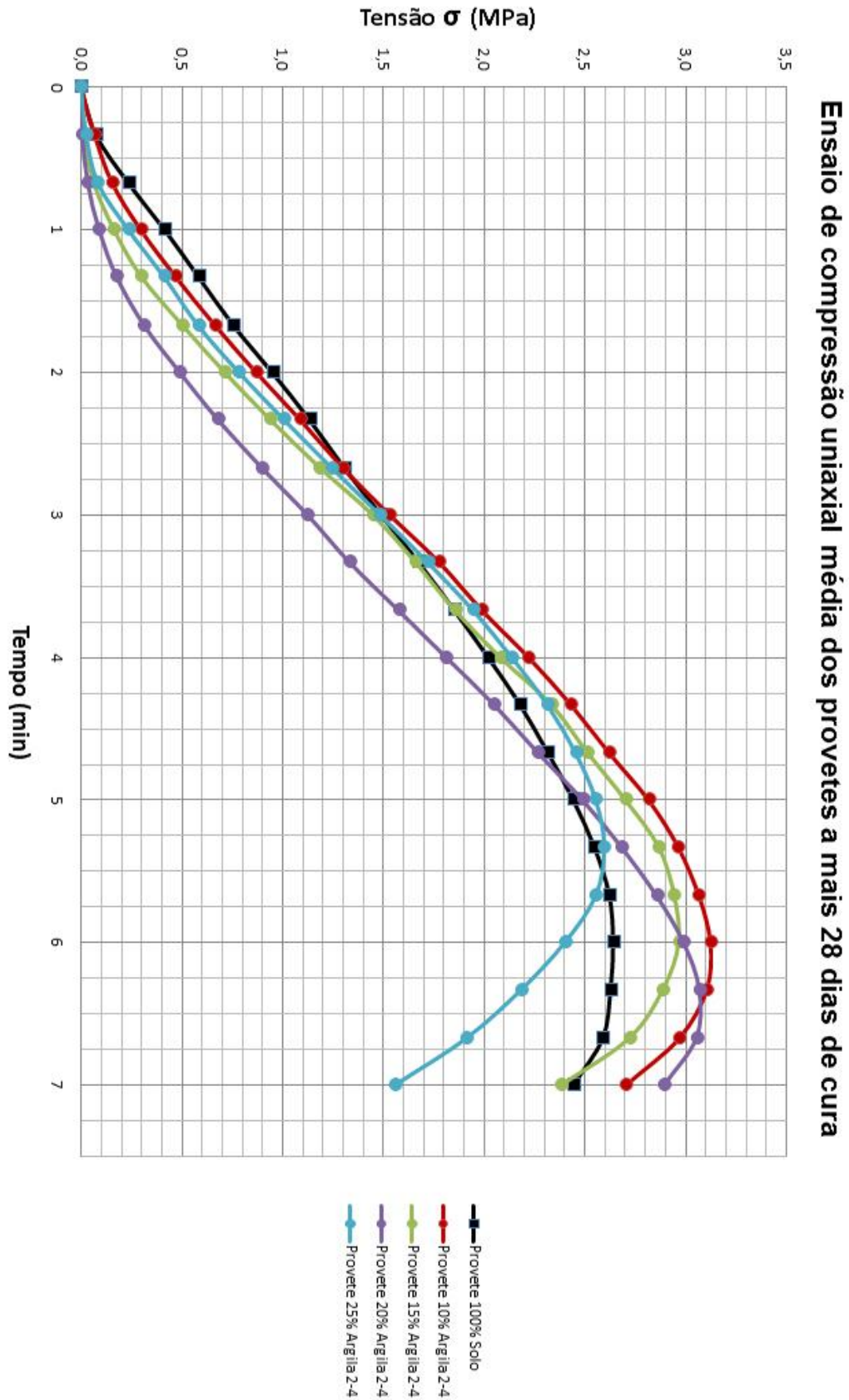


Figura A11.1 - Gráfico comparativo de médias dos ensaios de provetes de solo e solo com argila expandida 2-4

Anexo A12 - Dados dos ensaios de provetes de solo mais granulado de cortiça 2-10 com mais 28 dias cura

Quadro A12.1 - Ensaio de compressão em provete de solo a 10% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 6 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2050,25 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1910,31 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,33%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	832	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	850	18	0,18
0,67	12	55,25	0,54	54,18	0,054	862	30	0,3
1	33	151,93	1,49	149,00	0,149	875	43	0,43
1,33	58	267,03	2,62	261,88	0,262	889	57	0,57
1,67	85	391,34	3,84	383,79	0,384	905	73	0,73
2	115	529,46	5,19	519,24	0,519	917	85	0,85
2,33	148	681,39	6,68	668,24	0,668	930	98	0,98
2,67	182	837,93	8,22	821,76	0,822	943	111	1,11
3	216	994,46	9,75	975,27	0,975	955	123	1,23
3,33	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	966	134	1,34
3,67	281	1293,72	12,69	1268,76	1,269	981	149	1,49
4	313	1441,05	14,13	1413,24	1,413	997	165	1,65
4,33	335	1542,34	15,13	1512,57	1,513	1009	177	1,77
4,67	357	1643,63	16,12	1611,91	1,612	1025	193	1,93
5	371	1708,08	16,75	1675,12	1,675	1038	206	2,06
5,33	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	1048	216	2,16
5,67	382	1758,73	17,25	1724,78	1,725	1054	222	2,22
6	374	1721,90	16,89	1688,66	1,689	1055	223	2,23
6,33	365	1680,46	16,48	1648,03	1,648	1052	220	2,2
6,67	336	1546,94	15,17	1517,09	1,517	1048	216	2,16
7	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	1039	207	2,07
7,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	1033	201	2,01
7,67	261	1201,64	11,78	1178,45	1,178	1025	193	1,93
8	244	1123,38	11,02	1101,69	1,102	1018	186	1,86
8,33	223	1026,69	10,07	1006,88	1,007	1014	182	1,82
8,67	210	966,84	9,48	948,18	0,948	1010	178	1,78
9	194	893,18	8,76	875,94	0,876	1005	173	1,73

Quadro A12.2 - Ensaio de compressão em provete de solo a 10% regranulado cortiça expandida 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = $9,807 \times 10^{-3}$ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,01 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2953,83 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1953,32 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,03%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	827	0	0
0,33	6	27,62	0,27	27,09	0,027	846	19	0,19
0,67	24	110,50	1,08	108,36	0,108	870	43	0,43
1	51	234,80	2,30	230,27	0,230	886	59	0,59
1,33	80	368,32	3,61	361,21	0,361	900	73	0,73
1,67	109	501,84	4,92	492,15	0,492	912	85	0,85
2	145	667,58	6,55	654,70	0,655	925	98	0,98
2,33	181	833,32	8,17	817,24	0,817	937	110	1,1
2,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	949	122	1,22
3	249	1146,40	11,24	1124,27	1,124	962	135	1,35
3,33	299	1376,60	13,50	1350,03	1,350	975	148	1,48
3,67	337	1551,55	15,22	1521,60	1,522	988	161	1,61
4	375	1726,50	16,93	1693,18	1,693	1003	176	1,76
4,33	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	1019	192	1,92
4,67	443	2039,57	20,00	2000,21	2,000	1038	211	2,11
5	465	2140,86	21,00	2099,54	2,100	1053	226	2,26
5,33	484	2228,34	21,85	2185,33	2,185	1072	245	2,45
5,67	497	2288,19	22,44	2244,03	2,244	1090	263	2,63
6	505	2325,02	22,80	2280,15	2,280	1108	281	2,81
6,33	503	2315,81	22,71	2271,12	2,271	1114	287	2,87
6,67	490	2255,96	22,12	2212,42	2,212	1140	313	3,13
7	464	2136,26	20,95	2095,03	2,095	1145	318	3,18
7,33	432	1988,93	19,51	1950,54	1,951	1140	313	3,13
7,67	386	1777,14	17,43	1742,85	1,743	1122	295	2,95
8	333	1533,13	15,04	1503,54	1,504	1090	263	2,63
8,33	282	1298,33	12,73	1273,27	1,273	1060	233	2,33
8,67	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	1040	213	2,13
9	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	1026	199	1,99

Quadro A12.3- Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 2-10 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2095,23 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1958,52 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,98%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	809	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	840	31	0,31
0,67	12	55,25	0,54	54,18	0,054	858	49	0,49
1	39	179,56	1,76	176,09	0,176	870	61	0,61
1,33	68	313,07	3,07	307,03	0,307	881	72	0,72
1,67	94	432,78	4,24	424,42	0,424	890	81	0,81
2	130	598,52	5,87	586,97	0,587	900	91	0,91
2,33	163	750,45	7,36	735,97	0,736	910	101	1,01
2,67	200	920,80	9,03	903,03	0,903	920	111	1,11
3	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	930	121	1,21
3,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	940	131	1,31
3,67	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	950	141	1,41
4	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	960	151	1,51
4,33	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	968	159	1,59
4,67	402	1850,81	18,15	1815,09	1,815	974	165	1,65
5	420	1933,68	18,96	1896,36	1,896	990	181	1,81
5,33	428	1970,51	19,32	1932,48	1,932	1002	193	1,93
5,67	425	1956,70	19,19	1918,94	1,919	1020	211	2,11
6	415	1910,66	18,74	1873,78	1,874	1070	261	2,61
6,33	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	1010	201	2,01
6,67	370	1703,48	16,71	1670,60	1,671	1005	196	1,96
7	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	995	186	1,86
7,33	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	990	181	1,81
7,67	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	985	176	1,76
8	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	980	171	1,71
8,33	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	975	166	1,66
8,67	210	966,84	9,48	948,18	0,948	965	156	1,56
9	190	874,76	8,58	857,88	0,858	945	136	1,36

Quadro A12.4 - Ensaio de compressão em provete de solo a 10% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 10% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2095,25 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1965,61 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,90%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	830	0	0
0,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	855	25	0,25
0,67	25	115,10	1,13	112,88	0,113	868	38	0,38
1	50	230,20	2,26	225,76	0,226	878	48	0,48
1,33	82	377,53	3,70	370,24	0,370	894	64	0,64
1,67	109	501,84	4,92	492,15	0,492	905	75	0,75
2	150	690,60	6,77	677,27	0,677	921	91	0,91
2,33	187	860,95	8,44	844,33	0,844	934	104	1,04
2,67	212	976,05	9,57	957,21	0,957	945	115	1,15
3	247	1137,19	11,15	1115,24	1,115	958	128	1,28
3,33	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	965	135	1,35
3,67	292	1344,37	13,18	1318,42	1,318	978	148	1,48
4	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	993	163	1,63
4,33	345	1588,38	15,58	1557,72	1,558	1009	179	1,79
4,67	365	1680,46	16,48	1648,03	1,648	1025	195	1,95
5	378	1740,31	17,07	1706,72	1,707	1043	213	2,13
5,33	383	1763,33	17,29	1729,30	1,729	1052	222	2,22
5,67	384	1767,94	17,34	1733,81	1,734	1096	266	2,66
6	378	1740,31	17,07	1706,72	1,707	1109	279	2,79
6,33	372	1712,69	16,80	1679,63	1,680	1120	290	2,9
6,67	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	1109	279	2,79
7	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	1010	180	1,8
7,33	200	920,80	9,03	903,03	0,903	995	165	1,65
7,67	175	805,70	7,90	790,15	0,790	975	145	1,45
8	125	575,50	5,64	564,39	0,564	950	120	1,2

Quadro A12.5- Ensaio de compressão em provete de solo a 15% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1958,90 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1849,52 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,91%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	869	0	0
0,33	10	46,04	0,45	45,15	0,045	884	15	0,15
0,67	24	110,50	1,08	108,36	0,108	888	19	0,19
1	39	179,56	1,76	176,09	0,176	896	27	0,27
1,33	55	253,22	2,48	248,33	0,248	904	35	0,35
1,67	75	345,30	3,39	338,64	0,339	913	44	0,44
2	100	460,40	4,52	451,51	0,452	921	52	0,52
2,33	128	589,31	5,78	577,94	0,578	930	61	0,61
2,67	151	695,20	6,82	681,79	0,682	938	69	0,69
3	180	828,72	8,13	812,73	0,813	948	79	0,79
3,33	210	966,84	9,48	948,18	0,948	950	81	0,81
3,67	236	1086,54	10,66	1065,57	1,066	965	96	0,96
4	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	975	106	1,06
4,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	981	112	1,12
4,67	282	1298,33	12,73	1273,27	1,273	987	118	1,18
5	284	1307,54	12,82	1282,30	1,282	989	120	1,2
5,33	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	990	121	1,21
5,67	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	987	118	1,18
6	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	982	113	1,13
6,33	248	1141,79	11,20	1119,76	1,120	975	106	1,06
6,67	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	968	99	0,99
7	223	1026,69	10,07	1006,88	1,007	961	92	0,92
7,33	213	980,65	9,62	961,73	0,962	955	86	0,86
7,67	204	939,22	9,21	921,09	0,921	950	81	0,81
8	192	883,97	8,67	866,91	0,867	945	76	0,76

Quadro A12.6 - Ensaio de compressão em provete de solo a 15% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1965,45 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1859,20 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,71%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) (kPa)	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	784	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	801	17	0,17
0,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	820	36	0,36
1	12	55,25	0,54	54,18	0,054	835	51	0,51
1,33	20	92,08	0,90	90,30	0,090	855	71	0,71
1,67	33	151,93	1,49	149,00	0,149	865	81	0,81
2	50	230,20	2,26	225,76	0,226	877	93	0,93
2,33	76	349,90	3,43	343,15	0,343	890	106	1,06
2,67	110	506,44	4,97	496,67	0,497	902	118	1,18
3	128	589,31	5,78	577,94	0,578	916	132	1,32
3,33	162	745,85	7,31	731,45	0,731	926	142	1,42
3,67	180	828,72	8,13	812,73	0,813	935	151	1,51
4	195	897,78	8,80	880,45	0,880	941	157	1,57
4,33	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	950	166	1,66
4,67	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	960	176	1,76
5	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	970	186	1,86
5,33	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	977	193	1,93
5,67	281	1293,72	12,69	1268,76	1,269	985	201	2,01
6	279	1284,52	12,60	1259,72	1,260	991	207	2,07
6,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	993	209	2,09
6,67	269	1238,48	12,15	1214,57	1,215	993	209	2,09
7	259	1192,44	11,69	1169,42	1,169	993	209	2,09
7,33	248	1141,79	11,20	1119,76	1,120	989	205	2,05
7,67	238	1095,75	10,75	1074,60	1,075	984	200	2
8	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	979	195	1,95

Quadro A12.7 - Ensaio de compressão em provete de solo a 15% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1984,54 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1876,59 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,75%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	846	0	0
0,33	6	27,62	0,27	27,09	0,027	855	9	0,09
0,67	20	92,08	0,90	90,30	0,090	861	15	0,15
1	38	174,95	1,72	171,58	0,172	868	22	0,22
1,33	75	345,30	3,39	338,64	0,339	874	28	0,28
1,67	90	414,36	4,06	406,36	0,406	885	39	0,39
2	112	515,65	5,06	505,70	0,506	896	50	0,5
2,33	145	667,58	6,55	654,70	0,655	904	58	0,58
2,67	178	819,51	8,04	803,70	0,804	913	67	0,67
3	211	971,44	9,53	952,70	0,953	924	78	0,78
3,33	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	931	85	0,85
3,67	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	939	93	0,93
4	292	1344,37	13,18	1318,42	1,318	945	99	0,99
4,33	311	1431,84	14,04	1404,21	1,404	948	102	1,02
4,67	324	1491,70	14,63	1462,91	1,463	951	105	1,05
5	331	1523,92	14,95	1494,51	1,495	952	106	1,06
5,33	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	953	107	1,07
5,67	322	1482,49	14,54	1453,88	1,454	953	107	1,07
6	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	953	107	1,07
6,33	285	1312,14	12,87	1286,82	1,287	952	106	1,06
6,67	265	1220,06	11,97	1196,51	1,197	949	103	1,03
7	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	945	99	0,99
7,33	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	938	92	0,92
7,67	210	966,84	9,48	948,18	0,948	932	86	0,86
8	198	911,59	8,94	894,00	0,894	928	82	0,82

Quadro A12.8- Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 2-10 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 15% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1987,27 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1876,59 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,90%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	917	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	922	5	0,05
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	925	8	0,08
1	20	92,08	0,90	90,30	0,090	928	11	0,11
1,33	32	147,33	1,44	144,48	0,144	932	15	0,15
1,67	50	230,20	2,26	225,76	0,226	937	20	0,2
2	70	322,28	3,16	316,06	0,316	943	26	0,26
2,33	98	451,19	4,42	442,48	0,442	950	33	0,33
2,67	120	552,48	5,42	541,82	0,542	958	41	0,41
3	150	690,60	6,77	677,27	0,677	965	48	0,48
3,33	180	828,72	8,13	812,73	0,813	975	58	0,58
3,67	208	957,63	9,39	939,15	0,939	984	67	0,67
4	238	1095,75	10,75	1074,60	1,075	988	71	0,71
4,33	261	1201,64	11,78	1178,45	1,178	994	77	0,77
4,67	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	1012	95	0,95
5	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	1019	102	1,02
5,33	292	1344,37	13,18	1318,42	1,318	1025	108	1,08
5,67	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	1030	113	1,13
6	282	1298,33	12,73	1273,27	1,273	1034	117	1,17
6,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	1034	117	1,17
6,67	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	1034	117	1,17
7	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	1033	116	1,16
7,33	227	1045,11	10,25	1024,94	1,025	1030	113	1,13
7,67	212	976,05	9,57	957,21	0,957	1025	108	1,08
8	199	916,20	8,99	898,51	0,899	1022	105	1,05

Quadro A12.9 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2006,45 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1898,80 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,67%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	859	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	882	23	0,23
0,67	7	32,23	0,32	31,61	0,032	893	34	0,34
1	13	59,85	0,59	58,70	0,059	898	39	0,39
1,33	22	101,29	0,99	99,33	0,099	904	45	0,45
1,67	28	128,91	1,26	126,42	0,126	910	51	0,51
2	54	248,62	2,44	243,82	0,244	917	58	0,58
2,33	79	363,72	3,57	356,70	0,357	925	66	0,66
2,67	101	465,00	4,56	456,03	0,456	935	76	0,76
3	129	593,92	5,82	582,45	0,582	944	85	0,85
3,33	155	713,62	7,00	699,85	0,700	951	92	0,92
3,67	180	828,72	8,13	812,73	0,813	964	105	1,05
4	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	970	111	1,11
4,33	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	977	118	1,18
4,67	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	985	126	1,26
5	295	1358,18	13,32	1331,97	1,332	990	131	1,31
5,33	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	995	136	1,36
5,67	335	1542,34	15,13	1512,57	1,513	998	139	1,39
6	346	1592,98	15,62	1562,24	1,562	999	140	1,4
6,33	354	1629,82	15,98	1598,36	1,598	999	140	1,4
6,67	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	999	140	1,4
7	350	1611,40	15,80	1580,30	1,580	999	140	1,4
7,33	342	1574,57	15,44	1544,18	1,544	997	138	1,38
7,67	329	1514,72	14,85	1485,48	1,485	994	135	1,35
8	317	1459,47	14,31	1431,30	1,431	990	131	1,31

Quadro A12.10 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1927,12 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1824,14 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,65%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	915	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	929	14	0,14
0,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	930	15	0,15
1	10	46,04	0,45	45,15	0,045	940	25	0,25
1,33	16	73,66	0,72	72,24	0,072	944	29	0,29
1,67	25	115,10	1,13	112,88	0,113	948	33	0,33
2	38	174,95	1,72	171,58	0,172	953	38	0,38
2,33	56	257,82	2,53	252,85	0,253	960	45	0,45
2,67	78	359,11	3,52	352,18	0,352	965	50	0,5
3	100	460,40	4,52	451,51	0,452	975	60	0,6
3,33	124	570,90	5,60	559,88	0,560	982	67	0,67
3,67	150	690,60	6,77	677,27	0,677	990	75	0,75
4	180	828,72	8,13	812,73	0,813	1000	85	0,85
4,33	210	966,84	9,48	948,18	0,948	1010	95	0,95
4,67	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	1020	105	1,05
5	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	1029	114	1,14
5,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	1036	121	1,21
5,67	285	1312,14	12,87	1286,82	1,287	1045	130	1,3
6	294	1353,58	13,27	1327,45	1,327	1049	134	1,34
6,33	298	1371,99	13,46	1345,51	1,346	1052	137	1,37
6,67	297	1367,39	13,41	1341,00	1,341	1054	139	1,39
7	292	1344,37	13,18	1318,42	1,318	1055	140	1,4
7,33	286	1316,74	12,91	1291,33	1,291	1055	140	1,4
7,67	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	1055	140	1,4
8	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	1054	139	1,39

Quadro A12.11 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = $9,807 \times 10^{-3}$ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10^{-3} MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1931,45 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1828,03 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,66%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	895	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	909	14	0,14
0,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	918	23	0,23
1	11	50,64	0,50	49,67	0,050	924	29	0,29
1,33	20	92,08	0,90	90,30	0,090	930	35	0,35
1,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	938	43	0,43
2	50	230,20	2,26	225,76	0,226	948	53	0,53
2,33	75	345,30	3,39	338,64	0,339	958	63	0,63
2,67	98	451,19	4,42	442,48	0,442	968	73	0,73
3	125	575,50	5,64	564,39	0,564	975	80	0,8
3,33	155	713,62	7,00	699,85	0,700	985	90	0,9
3,67	188	865,55	8,49	848,85	0,849	995	100	1
4	208	957,63	9,39	939,15	0,939	1005	110	1,1
4,33	234	1077,34	10,57	1056,54	1,057	1015	120	1,2
4,67	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	1024	129	1,29
5	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	1031	136	1,36
5,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	1034	139	1,39
5,67	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	1034	139	1,39
6	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	1034	139	1,39
6,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	1029	134	1,34
6,67	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	1023	128	1,28
7	252	1160,21	11,38	1137,82	1,138	1018	123	1,23
7,33	240	1104,96	10,84	1083,63	1,084	1013	118	1,18
7,67	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	1008	113	1,13
8	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	1006	111	1,11

Quadro A12.12 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 16/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 20% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1872,35 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1767,90 g			
Data de realização do Provete: 31/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,91%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	870	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	870	0	0
0,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	870	0	0
1	9	41,44	0,41	40,64	0,041	870	0	0
1,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	870	0	0
1,67	13	59,85	0,59	58,70	0,059	870	0	0
2	18	82,87	0,81	81,27	0,081	870	0	0
2,33	28	128,91	1,26	126,42	0,126	870	0	0
2,67	52	239,41	2,35	234,79	0,235	875	5	0,05
3	70	322,28	3,16	316,06	0,316	878	8	0,08
3,33	92	423,57	4,15	415,39	0,415	885	15	0,15
3,67	112	515,65	5,06	505,70	0,506	890	20	0,2
4	138	635,35	6,23	623,09	0,623	900	30	0,3
4,33	158	727,43	7,13	713,39	0,713	908	38	0,38
4,67	179	824,12	8,08	808,21	0,808	915	45	0,45
5	195	897,78	8,80	880,45	0,880	920	50	0,5
5,33	210	966,84	9,48	948,18	0,948	925	55	0,55
5,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	926	56	0,56
6	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	927	57	0,57
6,33	226	1040,50	10,20	1020,42	1,020	928	58	0,58
6,67	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	929	59	0,59
7	227	1045,11	10,25	1024,94	1,025	929	59	0,59
7,33	224	1031,30	10,11	1011,39	1,011	929	59	0,59
7,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	929	59	0,59
8	215	989,86	9,71	970,76	0,971	925	55	0,55

Quadro A12.13- Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cmx10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1867,71 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1845,09 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,99%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	803	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	812	9	0,09
0,67	8	36,83	0,36	36,12	0,036	815	12	0,12
1	12	55,25	0,54	54,18	0,054	815	12	0,12
1,33	21	96,68	0,95	94,82	0,095	815	12	0,12
1,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	815	12	0,12
2	55	253,22	2,48	248,33	0,248	815	12	0,12
2,33	83	382,13	3,75	374,76	0,375	815	12	0,12
2,67	120	552,48	5,42	541,82	0,542	818	15	0,15
3	150	690,60	6,77	677,27	0,677	824	21	0,21
3,33	176	810,30	7,95	794,67	0,795	832	29	0,29
3,67	206	948,42	9,30	930,12	0,930	840	37	0,37
4	232	1068,13	10,48	1047,51	1,048	848	45	0,45
4,33	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	858	55	0,55
4,67	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	867	64	0,64
5	296	1362,78	13,36	1336,48	1,336	875	72	0,72
5,33	310	1427,24	14,00	1399,69	1,400	885	82	0,82
5,67	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	895	92	0,92
6	319	1468,68	14,40	1440,33	1,440	904	101	1,01
6,33	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	917	114	1,14
6,67	314	1445,66	14,18	1417,75	1,418	820	17	0,17
7	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	823	20	0,2
7,33	295	1358,18	13,32	1331,97	1,332	823	20	0,2
7,67	281	1293,72	12,69	1268,76	1,269	821	18	0,18
8	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	819	16	0,16

Quadro A12.14- Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1849,65 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1745,63 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,96%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	672	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	694	22	0,22
0,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	714	42	0,42
1	10	46,04	0,45	45,15	0,045	735	63	0,63
1,33	15	69,06	0,68	67,73	0,068	762	90	0,9
1,67	21	96,68	0,95	94,82	0,095	770	98	0,98
2	32	147,33	1,44	144,48	0,144	785	113	1,13
2,33	46	211,78	2,08	207,70	0,208	802	130	1,3
2,67	59	271,64	2,66	266,39	0,266	818	146	1,46
3	74	340,70	3,34	334,12	0,334	835	163	1,63
3,33	91	418,96	4,11	410,88	0,411	853	181	1,81
3,67	105	483,42	4,74	474,09	0,474	871	199	1,99
4	121	557,08	5,46	546,33	0,546	890	218	2,18
4,33	139	639,96	6,28	627,60	0,628	907	235	2,35
4,67	157	722,83	7,09	708,88	0,709	924	252	2,52
5	174	801,10	7,86	785,63	0,786	940	268	2,68
5,33	193	888,57	8,71	871,42	0,871	965	293	2,93
5,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	973	301	3,01
6	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	995	323	3,23
6,33	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	1003	331	3,31
6,67	228	1049,71	10,29	1029,45	1,029	1011	339	3,39
7	221	1017,48	9,98	997,85	0,998	980	308	3,08
7,33	208	957,63	9,39	939,15	0,939	845	173	1,73
7,67	199	916,20	8,99	898,51	0,899	835	163	1,63
8	186	856,34	8,40	839,82	0,840	827	155	1,55

Quadro A12.15 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1867,71 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1754,81 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,49%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	730	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	738	8	0,08
0,67	11	50,64	0,50	49,67	0,050	745	15	0,15
1	16	73,66	0,72	72,24	0,072	750	20	0,2
1,33	20	92,08	0,90	90,30	0,090	751	21	0,21
1,67	27	124,31	1,22	121,91	0,122	756	26	0,26
2	40	184,16	1,81	180,61	0,181	758	28	0,28
2,33	56	257,82	2,53	252,85	0,253	762	32	0,32
2,67	69	317,68	3,12	311,54	0,312	767	37	0,37
3	82	377,53	3,70	370,24	0,370	775	45	0,45
3,33	98	451,19	4,42	442,48	0,442	781	51	0,51
3,67	113	520,25	5,10	510,21	0,510	785	55	0,55
4	129	593,92	5,82	582,45	0,582	795	65	0,65
4,33	149	686,00	6,73	672,76	0,673	805	75	0,75
4,67	166	764,26	7,50	749,51	0,750	810	80	0,8
5	182	837,93	8,22	821,76	0,822	817	87	0,87
5,33	202	930,01	9,12	912,06	0,912	825	95	0,95
5,67	219	1008,28	9,89	988,82	0,989	834	104	1,04
6	233	1072,73	10,52	1052,03	1,052	838	108	1,08
6,33	236	1086,54	10,66	1065,57	1,066	840	110	1,1
6,67	237	1091,15	10,70	1070,09	1,070	842	112	1,12
7	234	1077,34	10,57	1056,54	1,057	842	112	1,12
7,33	229	1054,32	10,34	1033,97	1,034	845	115	1,15
7,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	845	115	1,15
8	209	962,24	9,44	943,66	0,944	845	115	1,15

Quadro A12.16 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 2-10 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 25% cortiça 2-10			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1902,22 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1794,39 g			
Data de realização do Provete: 16/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,01%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	829	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	834	5	0,05
0,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	835	6	0,06
1	11	50,64	0,50	49,67	0,050	837	8	0,08
1,33	18	82,87	0,81	81,27	0,081	838	9	0,09
1,67	28	128,91	1,26	126,42	0,126	840	11	0,11
2	39	179,56	1,76	176,09	0,176	841	12	0,12
2,33	57	262,43	2,57	257,36	0,257	845	16	0,16
2,67	75	345,30	3,39	338,64	0,339	850	21	0,21
3	100	460,40	4,52	451,51	0,452	855	26	0,26
3,33	125	575,50	5,64	564,39	0,564	862	33	0,33
3,67	150	690,60	6,77	677,27	0,677	870	41	0,41
4	176	810,30	7,95	794,67	0,795	878	49	0,49
4,33	201	925,40	9,08	907,54	0,908	885	56	0,56
4,67	224	1031,30	10,11	1011,39	1,011	895	66	0,66
5	241	1109,56	10,88	1088,15	1,088	904	75	0,75
5,33	253	1164,81	11,42	1142,33	1,142	911	82	0,82
5,67	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	919	90	0,9
6	262	1206,25	11,83	1182,97	1,183	924	95	0,95
6,33	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	926	97	0,97
6,67	256	1178,62	11,56	1155,88	1,156	928	99	0,99
7	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	928	99	0,99
7,33	244	1123,38	11,02	1101,69	1,102	928	99	0,99
7,67	235	1081,94	10,61	1061,06	1,061	927	98	0,98
8	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	924	95	0,95

Anexo A13 – Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 2-10

Quadro A13.1 - Médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 2-10

Média dos provetes					
Ensaio a mais 28 dias de cura					
Tempo	Solo	10% Adição	15% Adição	20% Adição	25% Adição
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0
0,33	0,072	0,021	0,025	0,009	0,011
0,67	0,235	0,082	0,067	0,027	0,035
1	0,415	0,195	0,123	0,047	0,055
1,33	0,584	0,325	0,205	0,073	0,084
1,67	0,756	0,448	0,280	0,103	0,125
2	0,949	0,610	0,375	0,167	0,187
2,33	1,133	0,766	0,505	0,247	0,273
2,67	1,307	0,919	0,631	0,349	0,365
3	1,490	1,075	0,755	0,450	0,458
3,33	1,675	1,229	0,894	0,559	0,553
3,67	1,855	1,377	1,007	0,668	0,648
4	2,022	1,533	1,106	0,816	0,743
4,33	2,180	1,665	1,210	0,935	0,843
4,67	2,319	1,769	1,282	1,026	0,934
5	2,444	1,844	1,321	1,129	1,008
5,33	2,549	1,891	1,332	1,206	1,081
5,67	2,623	1,905	1,313	1,264	1,142
6	2,641	1,887	1,269	1,303	1,176
6,33	2,629	1,840	1,217	1,327	1,178
6,67	2,591	1,762	1,150	1,329	1,168
7	2,444	1,596	1,092	1,311	1,140
7,33	2,198	1,346	1,034	1,285	1,102
7,67	1,857	1,227	0,975	1,247	1,055
8	1,454	1,075	0,930	1,210	1,002

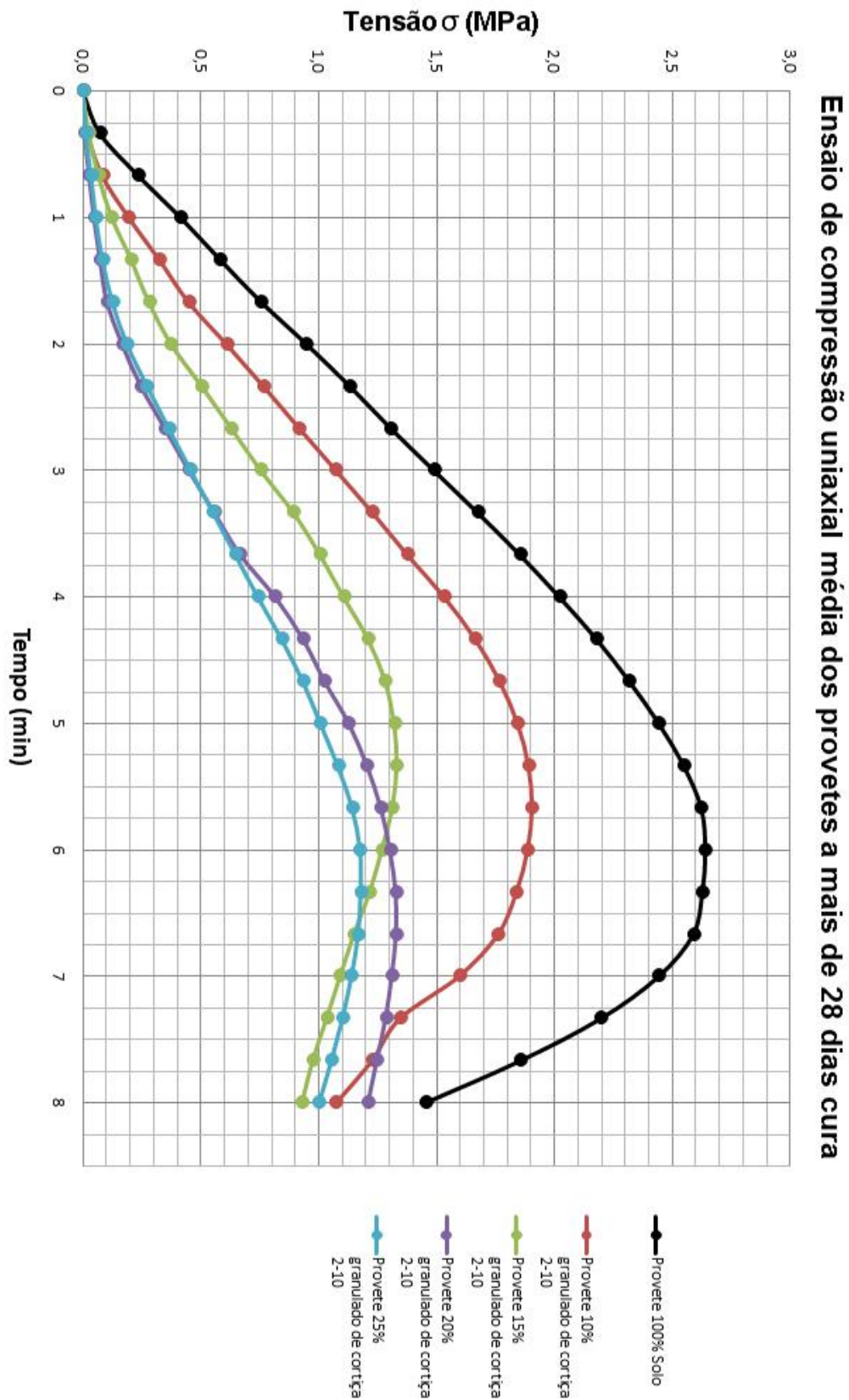


Figura A13 1 – Gráfico comparativo de médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 2-10

Anexo A14 - Dados dos ensaios de provetes de solo mais granulado de cortiça 3-5 com mais 28 dias cura

Quadro A14.1- Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 2 - Solo com 10% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2178,75 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2039,44 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,83%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	850	0	0
0,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	870	20	0,2
0,67	36	165,74	1,63	162,55	0,163	881	31	0,31
1	72	331,49	3,25	325,09	0,325	896	46	0,46
1,33	106	488,02	4,79	478,61	0,479	912	62	0,62
1,67	142	653,77	6,41	641,15	0,641	926	76	0,76
2	180	828,72	8,13	812,73	0,813	936	86	0,86
2,33	218	1003,67	9,84	984,30	0,984	948	98	0,98
2,67	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	960	110	1,1
3	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	974	124	1,24
3,33	340	1565,36	15,35	1535,15	1,535	988	138	1,38
3,67	378	1740,31	17,07	1706,72	1,707	1004	154	1,54
4	417	1919,87	18,83	1882,81	1,883	1018	168	1,68
4,33	450	2071,80	20,32	2031,81	2,032	1035	185	1,85
4,67	480	2209,92	21,67	2167,27	2,167	1051	201	2,01
5	505	2325,02	22,80	2280,15	2,280	1065	215	2,15
5,33	525	2417,10	23,70	2370,45	2,370	1082	232	2,32
5,67	538	2476,95	24,29	2429,15	2,429	1096	246	2,46
6	542	2495,37	24,47	2447,21	2,447	1113	263	2,63
6,33	535	2463,14	24,16	2415,60	2,416	1129	279	2,79
6,67	520	2394,08	23,48	2347,87	2,348	1144	294	2,94
7	498	2292,79	22,49	2248,54	2,249	1155	305	3,05
7,33	470	2163,88	21,22	2122,12	2,122	1155	305	3,05
7,67	425	1956,70	19,19	1918,94	1,919	1134	284	2,84
8	370	1703,48	16,71	1670,60	1,671	1098	248	2,48

Quadro A14.2 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 10% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2164,75 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2005,33 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 7,95%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	839	0	0
0,33	7	32,23	0,32	31,61	0,032	860	21	0,21
0,67	32	147,33	1,44	144,48	0,144	872	33	0,33
1	60	276,24	2,71	270,91	0,271	885	46	0,46
1,33	90	414,36	4,06	406,36	0,406	895	56	0,56
1,67	122	561,69	5,51	550,85	0,551	908	69	0,69
2	157	722,83	7,09	708,88	0,709	917	78	0,78
2,33	195	897,78	8,80	880,45	0,880	927	88	0,88
2,67	237	1091,15	10,70	1070,09	1,070	937	98	0,98
3	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	950	111	1,11
3,33	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	961	122	1,22
3,67	360	1657,44	16,25	1625,45	1,625	974	135	1,35
4	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	986	147	1,47
4,33	434	1998,14	19,60	1959,57	1,960	997	158	1,58
4,67	465	2140,86	21,00	2099,54	2,100	1009	170	1,7
5	493	2269,77	22,26	2225,97	2,226	1020	181	1,81
5,33	512	2357,25	23,12	2311,75	2,312	1028	189	1,89
5,67	528	2430,91	23,84	2384,00	2,384	1038	199	1,99
6	533	2453,93	24,07	2406,57	2,407	1050	211	2,11
6,33	529	2435,52	23,89	2388,51	2,389	1062	223	2,23
6,67	508	2338,83	22,94	2293,69	2,294	1071	232	2,32
7	470	2163,88	21,22	2122,12	2,122	1076	237	2,37
7,33	428	1970,51	19,32	1932,48	1,932	1074	235	2,35
7,67	378	1740,31	17,07	1706,72	1,707	1055	216	2,16
8	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	1033	194	1,94

Quadro A14.3- Ensaio de compressão em provete de solo a 10% regranulado cortiça expandida 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 10% cortiça 3-5			
Tensão: 1 kN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2111,59 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1975,44 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,89%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	840	0	0
0,33	15	69,06	0,68	67,73	0,068	867	27	0,27
0,67	45	207,18	2,03	203,18	0,203	879	39	0,39
1	73	336,09	3,30	329,61	0,330	890	50	0,5
1,33	105	483,42	4,74	474,09	0,474	900	60	0,6
1,67	140	644,56	6,32	632,12	0,632	912	72	0,72
2	175	805,70	7,90	790,15	0,790	925	85	0,85
2,33	210	966,84	9,48	948,18	0,948	938	98	0,98
2,67	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	952	112	1,12
3	287	1321,35	12,96	1295,85	1,296	964	124	1,24
3,33	322	1482,49	14,54	1453,88	1,454	978	138	1,38
3,67	362	1666,65	16,34	1634,48	1,634	992	152	1,52
4	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	1008	168	1,68
4,33	425	1956,70	19,19	1918,94	1,919	1020	180	1,8
4,67	452	2081,01	20,41	2040,84	2,041	1035	195	1,95
5	468	2154,67	21,13	2113,09	2,113	1054	214	2,14
5,33	478	2200,71	21,58	2158,24	2,158	1076	236	2,36
5,67	479	2205,32	21,63	2162,75	2,163	1098	258	2,58
6	475	2186,90	21,45	2144,69	2,145	1118	278	2,78
6,33	469	2159,28	21,18	2117,60	2,118	1148	308	3,08
6,67	460	2117,84	20,77	2076,97	2,077	1169	329	3,29
7	448	2062,59	20,23	2022,78	2,023	1188	348	3,48
7,33	430	1979,72	19,42	1941,51	1,942	1192	352	3,52
7,67	402	1850,81	18,15	1815,09	1,815	1190	350	3,5
8	361	1662,04	16,30	1629,97	1,630	1160	320	3,2

Quadro A14.4 - Ensaio de compressão em provete de solo com 10% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 10% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2078,75 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1944,03 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,93%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	840	0	0
0,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	864	24	0,24
0,67	25	115,10	1,13	112,88	0,113	879	39	0,39
1	54	248,62	2,44	243,82	0,244	894	54	0,54
1,33	85	391,34	3,84	383,79	0,384	905	65	0,65
1,67	115	529,46	5,19	519,24	0,519	918	78	0,78
2	150	690,60	6,77	677,27	0,677	931	91	0,91
2,33	184	847,14	8,31	830,79	0,831	942	102	1,02
2,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	955	115	1,15
3	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	968	128	1,28
3,33	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	980	140	1,4
3,67	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	992	152	1,52
4	355	1634,42	16,03	1602,88	1,603	1008	168	1,68
4,33	385	1772,54	17,38	1738,33	1,738	1021	181	1,81
4,67	408	1878,43	18,42	1842,18	1,842	1035	195	1,95
5	428	1970,51	19,32	1932,48	1,932	1048	208	2,08
5,33	445	2048,78	20,09	2009,24	2,009	1060	220	2,2
5,67	449	2067,20	20,27	2027,30	2,027	1072	232	2,32
6	448	2062,59	20,23	2022,78	2,023	1080	240	2,4
6,33	445	2048,78	20,09	2009,24	2,009	1088	248	2,48
6,67	432	1988,93	19,51	1950,54	1,951	1094	254	2,54
7	412	1896,85	18,60	1860,24	1,860	1095	255	2,55
7,33	389	1790,96	17,56	1756,39	1,756	1094	254	2,54
7,67	354	1629,82	15,98	1598,36	1,598	1076	236	2,36
8	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	1060	220	2,2

Quadro A14.5 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 15% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2088,15 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1963,05 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,37%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	824	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	838	14	0,14
0,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	850	26	0,26
1	15	69,06	0,68	67,73	0,068	858	34	0,34
1,33	38	174,95	1,72	171,58	0,172	867	43	0,43
1,67	70	322,28	3,16	316,06	0,316	880	56	0,56
2	104	478,82	4,70	469,57	0,470	889	65	0,65
2,33	143	658,37	6,46	645,67	0,646	902	78	0,78
2,67	176	810,30	7,95	794,67	0,795	908	84	0,84
3	217	999,07	9,80	979,79	0,980	918	94	0,94
3,33	254	1169,42	11,47	1146,85	1,147	928	104	1,04
3,67	284	1307,54	12,82	1282,30	1,282	935	111	1,11
4	319	1468,68	14,40	1440,33	1,440	945	121	1,21
4,33	349	1606,80	15,76	1575,78	1,576	952	128	1,28
4,67	380	1749,52	17,16	1715,75	1,716	958	134	1,34
5	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	964	140	1,4
5,33	409	1883,04	18,47	1846,69	1,847	965	141	1,41
5,67	410	1887,64	18,51	1851,21	1,851	965	141	1,41
6	398	1832,39	17,97	1797,03	1,797	965	141	1,41
6,33	381	1754,12	17,20	1720,27	1,720	963	139	1,39
6,67	364	1675,86	16,44	1643,51	1,644	961	137	1,37
7	344	1583,78	15,53	1553,21	1,553	958	134	1,34
7,33	317	1459,47	14,31	1431,30	1,431	955	131	1,31
7,67	298	1371,99	13,46	1345,51	1,346	950	126	1,26
8	278	1279,91	12,55	1255,21	1,255	945	121	1,21

Quadro A14.6 - Ensaio de compressão em provete de solo a 15% regranulado cortiça expandida 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 15% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1985,76 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1864,19 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,52%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	860	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	861	1	0,01
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	862	2	0,02
1	24	110,50	1,08	108,36	0,108	867	7	0,07
1,33	42	193,37	1,90	189,64	0,190	877	17	0,17
1,67	65	299,26	2,93	293,48	0,293	886	26	0,26
2	84	386,74	3,79	379,27	0,379	894	34	0,34
2,33	109	501,84	4,92	492,15	0,492	901	41	0,41
2,67	137	630,75	6,19	618,57	0,619	910	50	0,5
3	165	759,66	7,45	745,00	0,745	916	56	0,56
3,33	199	916,20	8,99	898,51	0,899	925	65	0,65
3,67	223	1026,69	10,07	1006,88	1,007	933	73	0,73
4	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	941	81	0,81
4,33	272	1252,29	12,28	1228,12	1,228	950	90	0,9
4,67	290	1335,16	13,09	1309,39	1,309	958	98	0,98
5	306	1408,82	13,82	1381,63	1,382	964	104	1,04
5,33	315	1450,26	14,22	1422,27	1,422	968	108	1,08
5,67	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	971	111	1,11
6	315	1450,26	14,22	1422,27	1,422	971	111	1,11
6,33	311	1431,84	14,04	1404,21	1,404	972	112	1,12
6,67	304	1399,62	13,73	1372,60	1,373	972	112	1,12
7	291	1339,76	13,14	1313,91	1,314	972	112	1,12
7,33	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	972	112	1,12
7,67	267	1229,27	12,06	1205,54	1,206	972	112	1,12
8	253	1164,81	11,42	1142,33	1,142	972	112	1,12

Quadro A14.7 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 7 - Solo com 15% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2079,12 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1950,91 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,57%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	800	0	0
0,33	4	18,42	0,18	18,06	0,018	832	32	0,32
0,67	11	50,64	0,50	49,67	0,050	856	56	0,56
1	32	147,33	1,44	144,48	0,144	872	72	0,72
1,33	60	276,24	2,71	270,91	0,271	885	85	0,85
1,67	91	418,96	4,11	410,88	0,411	902	102	1,02
2	130	598,52	5,87	586,97	0,587	915	115	1,15
2,33	170	782,68	7,68	767,57	0,768	930	130	1,3
2,67	210	966,84	9,48	948,18	0,948	943	143	1,43
3	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	958	158	1,58
3,33	275	1266,10	12,42	1241,66	1,242	970	170	1,7
3,67	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	982	182	1,82
4	320	1473,28	14,45	1444,85	1,445	998	198	1,98
4,33	330	1519,32	14,90	1490,00	1,490	1005	205	2,05
4,67	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	1012	212	2,12
5	318	1464,07	14,36	1435,82	1,436	1012	212	2,12
5,33	301	1385,80	13,59	1359,06	1,359	1008	208	2,08
5,67	285	1312,14	12,87	1286,82	1,287	1000	200	2
6	272	1252,29	12,28	1228,12	1,228	991	191	1,91
6,33	250	1151,00	11,29	1128,79	1,129	986	186	1,86
6,67	232	1068,13	10,48	1047,51	1,048	980	180	1,8
7	210	966,84	9,48	948,18	0,948	970	170	1,7
7,33	183	842,53	8,26	826,27	0,826	962	162	1,62
7,67	165	759,66	7,45	745,00	0,745	955	155	1,55
8	140	644,56	6,32	632,12	0,632	950	150	1,5

Quadro A14.8 - Ensaio de compressão em provete de solo com 15% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 26/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 15% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2083,55 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1950,14 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mias de 28 dias: 6,84%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	837	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	858	21	0,21
0,67	10	46,04	0,45	45,15	0,045	865	28	0,28
1	21	96,68	0,95	94,82	0,095	872	35	0,35
1,33	45	207,18	2,03	203,18	0,203	881	44	0,44
1,67	70	322,28	3,16	316,06	0,316	892	55	0,55
2	92	423,57	4,15	415,39	0,415	906	69	0,69
2,33	120	552,48	5,42	541,82	0,542	915	78	0,78
2,67	160	736,64	7,22	722,42	0,722	928	91	0,91
3	190	874,76	8,58	857,88	0,858	940	103	1,03
3,33	230	1058,92	10,38	1038,48	1,038	950	113	1,13
3,67	255	1174,02	11,51	1151,36	1,151	960	123	1,23
4	282	1298,33	12,73	1273,27	1,273	968	131	1,31
4,33	305	1404,22	13,77	1377,12	1,377	973	136	1,36
4,67	324	1491,70	14,63	1462,91	1,463	978	141	1,41
5	335	1542,34	15,13	1512,57	1,513	982	145	1,45
5,33	340	1565,36	15,35	1535,15	1,535	984	147	1,47
5,67	338	1556,15	15,26	1526,12	1,526	984	147	1,47
6	325	1496,30	14,67	1467,42	1,467	984	147	1,47
6,33	312	1436,45	14,09	1408,72	1,409	985	148	1,48
6,67	300	1381,20	13,55	1354,54	1,355	985	148	1,48
7	285	1312,14	12,87	1286,82	1,287	983	146	1,46
7,33	270	1243,08	12,19	1219,09	1,219	982	145	1,45
7,67	257	1183,23	11,60	1160,39	1,160	979	142	1,42
8	247	1137,19	11,15	1115,24	1,115	978	141	1,41

Quadro A14.9 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 20% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1842,53 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1734,84 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,21%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	604	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	626	22	0,22
0,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	641	37	0,37
1	6	27,62	0,27	27,09	0,027	660	56	0,56
1,33	9	41,44	0,41	40,64	0,041	672	68	0,68
1,67	13	59,85	0,59	58,70	0,059	680	76	0,76
2	21	96,68	0,95	94,82	0,095	688	84	0,84
2,33	31	142,72	1,40	139,97	0,140	694	90	0,9
2,67	44	202,58	1,99	198,67	0,199	699	95	0,95
3	61	280,84	2,75	275,42	0,275	705	101	1,01
3,33	76	349,90	3,43	343,15	0,343	711	107	1,07
3,67	95	437,38	4,29	428,94	0,429	720	116	1,16
4	115	529,46	5,19	519,24	0,519	725	121	1,21
4,33	133	612,33	6,01	600,51	0,601	730	126	1,26
4,67	152	699,81	6,86	686,30	0,686	734	130	1,3
5	169	778,08	7,63	763,06	0,763	738	134	1,34
5,33	181	833,32	8,17	817,24	0,817	740	136	1,36
5,67	190	874,76	8,58	857,88	0,858	742	138	1,38
6	195	897,78	8,80	880,45	0,880	745	141	1,41
6,33	197	906,99	8,89	889,48	0,889	745	141	1,41
6,67	195	897,78	8,80	880,45	0,880	745	141	1,41
7	191	879,36	8,62	862,39	0,862	745	141	1,41
7,33	187	860,95	8,44	844,33	0,844	744	140	1,4
7,67	181	833,32	8,17	817,24	0,817	742	138	1,38

Quadro A14.10 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 20% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1902,73 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1796,64 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,45%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	750	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	752	2	0,02
0,67	5	23,02	0,23	22,58	0,023	755	5	0,05
1	9	41,44	0,41	40,64	0,041	756	6	0,06
1,33	12	55,25	0,54	54,18	0,054	759	9	0,09
1,67	19	87,48	0,86	85,79	0,086	761	11	0,11
2	28	128,91	1,26	126,42	0,126	765	15	0,15
2,33	40	184,16	1,81	180,61	0,181	771	21	0,21
2,67	55	253,22	2,48	248,33	0,248	780	30	0,3
3	73	336,09	3,30	329,61	0,330	788	38	0,38
3,33	93	428,17	4,20	419,91	0,420	798	48	0,48
3,67	115	529,46	5,19	519,24	0,519	809	59	0,59
4	140	644,56	6,32	632,12	0,632	820	70	0,7
4,33	162	745,85	7,31	731,45	0,731	830	80	0,8
4,67	184	847,14	8,31	830,79	0,831	840	90	0,9
5	200	920,80	9,03	903,03	0,903	841	91	0,91
5,33	211	971,44	9,53	952,70	0,953	855	105	1,05
5,67	220	1012,88	9,93	993,33	0,993	859	109	1,09
6	221	1017,48	9,98	997,85	0,998	860	110	1,1
6,33	219	1008,28	9,89	988,82	0,989	860	110	1,1
6,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	860	110	1,1
7	208	957,63	9,39	939,15	0,939	860	110	1,1
7,33	200	920,80	9,03	903,03	0,903	859	109	1,09
7,67	192	883,97	8,67	866,91	0,867	855	105	1,05
8	182	837,93	8,22	821,76	0,822	850	100	1

Quadro A14.11 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 20% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1949,11 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1831,95 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,17%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	769	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	775	6	0,06
0,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	776	7	0,07
1	6	27,62	0,27	27,09	0,027	776	7	0,07
1,33	8	36,83	0,36	36,12	0,036	776	7	0,07
1,67	12	55,25	0,54	54,18	0,054	776	7	0,07
2	16	73,66	0,72	72,24	0,072	776	7	0,07
2,33	22	101,29	0,99	99,33	0,099	776	7	0,07
2,67	30	138,12	1,35	135,45	0,135	778	9	0,09
3	41	188,76	1,85	185,12	0,185	780	11	0,11
3,33	54	248,62	2,44	243,82	0,244	784	15	0,15
3,67	68	313,07	3,07	307,03	0,307	790	21	0,21
4	84	386,74	3,79	379,27	0,379	796	27	0,27
4,33	102	469,61	4,61	460,54	0,461	802	33	0,33
4,67	118	543,27	5,33	532,79	0,533	809	40	0,4
5	134	616,94	6,05	605,03	0,605	810	41	0,41
5,33	146	672,18	6,59	659,21	0,659	815	46	0,46
5,67	158	727,43	7,13	713,39	0,713	819	50	0,5
6	165	759,66	7,45	745,00	0,745	821	52	0,52
6,33	170	782,68	7,68	767,57	0,768	822	53	0,53
6,67	172	791,89	7,77	776,60	0,777	824	55	0,55
7	174	801,10	7,86	785,63	0,786	825	56	0,56
7,33	173	796,49	7,81	781,12	0,781	825	56	0,56
7,67	172	791,89	7,77	776,60	0,777	825	56	0,56
8	171	787,28	7,72	772,09	0,772	826	57	0,57
8,33	170	782,68	7,68	767,57	0,768	828	59	0,59
8,67	169	778,08	7,63	763,06	0,763	829	60	0,6
9	168	773,47	7,59	758,54	0,759	829	60	0,6

Quadro A14.12 - Ensaio de compressão em provete de solo a 20% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 3 - Solo com 20% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1947,52 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1839,92 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 5,85%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	609	0	0
0,33	3	13,81	0,14	13,55	0,014	630	21	0,21
0,67	7	32,23	0,32	31,61	0,032	652	43	0,43
1	10	46,04	0,45	45,15	0,045	688	79	0,79
1,33	18	82,87	0,81	81,27	0,081	710	101	1,01
1,67	26	119,70	1,17	117,39	0,117	722	113	1,13
2	43	197,97	1,94	194,15	0,194	731	122	1,22
2,33	62	285,45	2,80	279,94	0,280	741	132	1,32
2,67	83	382,13	3,75	374,76	0,375	752	143	1,43
3	108	497,23	4,88	487,64	0,488	765	156	1,56
3,33	132	607,73	5,96	596,00	0,596	775	166	1,66
3,67	156	718,22	7,04	704,36	0,704	788	179	1,79
4	180	828,72	8,13	812,73	0,813	798	189	1,89
4,33	202	930,01	9,12	912,06	0,912	810	201	2,01
4,67	225	1035,90	10,16	1015,91	1,016	822	213	2,13
5	245	1127,98	11,06	1106,21	1,106	832	223	2,23
5,33	260	1197,04	11,74	1173,94	1,174	841	232	2,32
5,67	273	1256,89	12,33	1232,63	1,233	850	241	2,41
6	280	1289,12	12,64	1264,24	1,264	855	246	2,46
6,33	284	1307,54	12,82	1282,30	1,282	858	249	2,49
6,67	283	1302,93	12,78	1277,79	1,278	859	250	2,5
7	276	1270,70	12,46	1246,18	1,246	859	250	2,5
7,33	268	1233,87	12,10	1210,06	1,210	852	243	2,43
7,67	258	1187,83	11,65	1164,91	1,165	849	240	2,4
8	248	1141,79	11,20	1119,76	1,120	845	236	2,36

Quadro A14.13- Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 5 - Solo com 25% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1815,66 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1705,22 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,48%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	655	0	0
0,33	1	4,60	0,05	4,52	0,005	665	10	0,1
0,67	3	13,81	0,14	13,55	0,014	668	13	0,13
1	4	18,42	0,18	18,06	0,018	671	16	0,16
1,33	5	23,02	0,23	22,58	0,023	675	20	0,2
1,67	7	32,23	0,32	31,61	0,032	675	20	0,2
2	10	46,04	0,45	45,15	0,045	678	23	0,23
2,33	12	55,25	0,54	54,18	0,054	680	25	0,25
2,67	16	73,66	0,72	72,24	0,072	681	26	0,26
3	22	101,29	0,99	99,33	0,099	685	30	0,3
3,33	28	128,91	1,26	126,42	0,126	688	33	0,33
3,67	38	174,95	1,72	171,58	0,172	692	37	0,37
4	51	234,80	2,30	230,27	0,230	698	43	0,43
4,33	65	299,26	2,93	293,48	0,293	708	53	0,53
4,67	81	372,92	3,66	365,73	0,366	712	57	0,57
5	100	460,40	4,52	451,51	0,452	720	65	0,65
5,33	117	538,67	5,28	528,27	0,528	730	75	0,75
5,67	135	621,54	6,10	609,54	0,610	738	83	0,83
6	150	690,60	6,77	677,27	0,677	745	90	0,9
6,33	160	736,64	7,22	722,42	0,722	750	95	0,95
6,67	170	782,68	7,68	767,57	0,768	755	100	1
7	175	805,70	7,90	790,15	0,790	758	103	1,03
7,33	179	824,12	8,08	808,21	0,808	761	106	1,06
7,67	180	828,72	8,13	812,73	0,813	763	108	1,08
8	181	833,32	8,17	817,24	0,817	765	110	1,1
8,33	180	828,72	8,13	812,73	0,813	765	110	1,1
8,67	178	819,51	8,04	803,70	0,804	765	110	1,1
9	176	810,30	7,95	794,67	0,795	765	110	1,1

Quadro A14.14 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo com 25% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1836,35 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1729,78 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,16%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	695	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	700	5	0,05
0,67	4	18,42	0,18	18,06	0,018	704	9	0,09
1	8	36,83	0,36	36,12	0,036	705	10	0,1
1,33	11	50,64	0,50	49,67	0,050	705	10	0,1
1,67	16	73,66	0,72	72,24	0,072	706	11	0,11
2	26	119,70	1,17	117,39	0,117	707	12	0,12
2,33	35	161,14	1,58	158,03	0,158	708	13	0,13
2,67	55	253,22	2,48	248,33	0,248	710	15	0,15
3	70	322,28	3,16	316,06	0,316	712	17	0,17
3,33	92	423,57	4,15	415,39	0,415	714	19	0,19
3,67	120	552,48	5,42	541,82	0,542	718	23	0,23
4	140	644,56	6,32	632,12	0,632	722	27	0,27
4,33	165	759,66	7,45	745,00	0,745	728	33	0,33
4,67	185	851,74	8,35	835,30	0,835	735	40	0,4
5	200	920,80	9,03	903,03	0,903	744	49	0,49
5,33	210	966,84	9,48	948,18	0,948	751	56	0,56
5,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	760	65	0,65
6	217	999,07	9,80	979,79	0,980	768	73	0,73
6,33	217	999,07	9,80	979,79	0,980	774	79	0,79
6,67	215	989,86	9,71	970,76	0,971	780	85	0,85
7	210	966,84	9,48	948,18	0,948	783	88	0,88
7,33	205	943,82	9,26	925,60	0,926	787	92	0,92
7,67	200	920,80	9,03	903,03	0,903	787	92	0,92
8	194	893,18	8,76	875,94	0,876	786	91	0,91
8,33	186	856,34	8,40	839,82	0,840	784	89	0,89
8,67	177	814,91	7,99	799,18	0,799	781	86	0,86
9	169	778,08	7,63	763,06	0,763	778	83	0,83

Quadro A14.15- Ensaio de compressão em provete de solo com 25% granulado cortiça 3-5 com mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 21/02/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 6 - Solo com 25% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1792,71 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1690,06 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,07%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	719	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	729	10	0,1
0,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	731	12	0,12
1	8	36,83	0,36	36,12	0,036	732	13	0,13
1,33	12	55,25	0,54	54,18	0,054	735	16	0,16
1,67	16	73,66	0,72	72,24	0,072	736	17	0,17
2	20	92,08	0,90	90,30	0,090	738	19	0,19
2,33	27	124,31	1,22	121,91	0,122	739	20	0,2
2,67	35	161,14	1,58	158,03	0,158	740	21	0,21
3	45	207,18	2,03	203,18	0,203	744	25	0,25
3,33	55	253,22	2,48	248,33	0,248	748	29	0,29
3,67	65	299,26	2,93	293,48	0,293	751	32	0,32
4	76	349,90	3,43	343,15	0,343	758	39	0,39
4,33	89	409,76	4,02	401,85	0,402	760	41	0,41
4,67	105	483,42	4,74	474,09	0,474	768	49	0,49
5	120	552,48	5,42	541,82	0,542	778	59	0,59
5,33	135	621,54	6,10	609,54	0,610	785	66	0,66
5,67	152	699,81	6,86	686,30	0,686	791	72	0,72
6	167	768,87	7,54	754,03	0,754	796	77	0,77
6,33	178	819,51	8,04	803,70	0,804	800	81	0,81
6,67	188	865,55	8,49	848,85	0,849	800	81	0,81
7	190	874,76	8,58	857,88	0,858	800	81	0,81
7,33	188	865,55	8,49	848,85	0,849	800	81	0,81
7,67	184	847,14	8,31	830,79	0,831	799	80	0,8
8	176	810,30	7,95	794,67	0,795	795	76	0,76
8,33	168	773,47	7,59	758,54	0,759	793	74	0,74
8,67	161	741,24	7,27	726,94	0,727	786	67	0,67
9	153	704,41	6,91	690,82	0,691	781	62	0,62

Quadro A14.16 - Ensaio de compressão em provete de solo a 25% granulado cortiça 3-5 a mais 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 02/04/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 4 - Solo com 25% cortiça 3-5			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,01 m ²			
Dimensões do Provete: 10cm x10cm x10 cm					Massa do Provete quando efetuado: 1720,51 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 1635,35 g			
Data de realização do Provete: 30/01/2012					Perda de humidade a mais de 28 dias: 6,12%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	781	0	0
0,33	2	9,21	0,09	9,03	0,009	788	7	0,07
0,67	6	27,62	0,27	27,09	0,027	791	10	0,1
1	11	50,64	0,50	49,67	0,050	792	11	0,11
1,33	16	73,66	0,72	72,24	0,072	795	14	0,14
1,67	22	101,29	0,99	99,33	0,099	798	17	0,17
2	28	128,91	1,26	126,42	0,126	799	18	0,18
2,33	38	174,95	1,72	171,58	0,172	801	20	0,2
2,67	50	230,20	2,26	225,76	0,226	804	23	0,23
3	62	285,45	2,80	279,94	0,280	810	29	0,29
3,33	75	345,30	3,39	338,64	0,339	815	34	0,34
3,67	88	405,15	3,97	397,33	0,397	821	40	0,4
4	100	460,40	4,52	451,51	0,452	825	44	0,44
4,33	112	515,65	5,06	505,70	0,506	836	55	0,55
4,67	125	575,50	5,64	564,39	0,564	845	64	0,64
5	136	626,14	6,14	614,06	0,614	855	74	0,74
5,33	148	681,39	6,68	668,24	0,668	861	80	0,8
5,67	158	727,43	7,13	713,39	0,713	870	89	0,89
6	167	768,87	7,54	754,03	0,754	881	100	1
6,33	175	805,70	7,90	790,15	0,790	885	104	1,04
6,67	176	810,30	7,95	794,67	0,795	888	107	1,07
7	175	805,70	7,90	790,15	0,790	885	104	1,04
7,33	173	796,49	7,81	781,12	0,781	883	102	1,02
7,67	170	782,68	7,68	767,57	0,768	875	94	0,94
8	166	764,26	7,50	749,51	0,750	870	89	0,89
8,33	160	736,64	7,22	722,42	0,722	860	79	0,79
8,67	153	704,41	6,91	690,82	0,691	851	70	0,7
9	145	667,58	6,55	654,70	0,655	842	61	0,61

Anexo A15 - Dados comparativos dos ensaios de provetes de solo e solo mais granulado de cortiça 3-5

Quadro A15.1 - Médias dos ensaios de provetes de solo e solo com regranulado de cortiça expandida 3-5

Média dos provetes					
Ensaio a mais 28 dias de cura					
Tempo	Solo	10% Adição	15% Adição	20% Adição	25% Adição
(min)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0
0,33	0,072	0,038	0,014	0,010	0,008
0,67	0,235	0,156	0,041	0,023	0,021
1	0,415	0,292	0,104	0,035	0,035
1,33	0,584	0,436	0,209	0,053	0,050
1,67	0,756	0,586	0,334	0,079	0,069
2	0,949	0,747	0,463	0,122	0,095
2,33	1,133	0,911	0,612	0,175	0,126
2,67	1,307	1,089	0,771	0,239	0,176
3	1,490	1,264	0,922	0,319	0,225
3,33	1,675	1,434	1,081	0,401	0,282
3,67	1,855	1,603	1,204	0,490	0,351
4	2,022	1,770	1,322	0,586	0,414
4,33	2,180	1,912	1,418	0,676	0,487
4,67	2,319	2,037	1,489	0,766	0,560
5	2,444	2,138	1,532	0,844	0,628
5,33	2,549	2,212	1,541	0,901	0,689
5,67	2,623	2,251	1,525	0,949	0,745
6	2,641	2,255	1,479	0,972	0,791
6,33	2,629	2,233	1,415	0,982	0,824
6,67	2,591	2,167	1,355	0,976	0,845
7	2,444	2,063	1,276	0,958	0,847
7,33	2,198	1,938	1,185	0,935	0,841
7,67	1,857	1,760	1,114	0,906	0,829
8	1,454	1,553	1,036	0,877	0,809

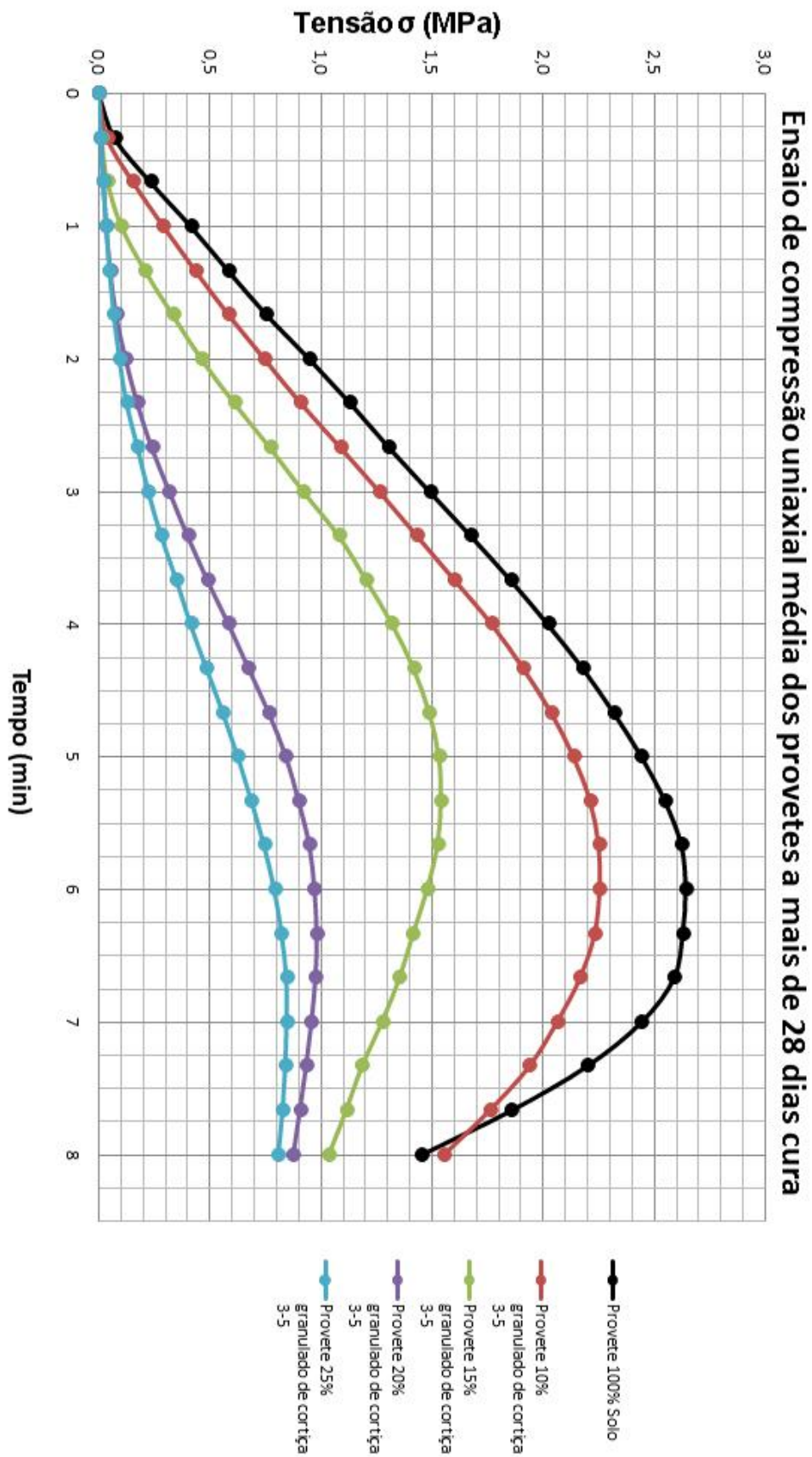


Figura A15.1 – Gráfico comparativo de médias dos ensaios de provetes de solo e solo com granulado de cortiça 3-5

Anexo A16 - Dados dos ensaios de compressão em cilindros de solo aos 28 dias de cura

Quadro A16.1 – Ensaio de compressão axial em provete cilíndrico de 100% solo com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 29/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provete tipo: Provete 1 - Solo 100% - Cilindro			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,007854 m ²			
Dimensões do Provete: Ø 10cm x h=15 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2682,80 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2489,81 g			
Data de realização do Provete: 01/03/2012					Perda de humidade aos 28 dias: 8,04%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	660	0	0
0,33	9	41,44	0,41	51,74	0,052	676	16	0,16
0,67	35	161,14	1,58	201,21	0,201	693	33	0,33
1	68	313,07	3,07	390,92	0,391	712	52	0,52
1,33	101	465,00	4,56	580,63	0,581	722	62	0,62
1,67	130	598,52	5,87	747,35	0,747	730	70	0,7
2	162	745,85	7,31	931,31	0,931	735	75	0,75
2,33	192	883,97	8,67	1103,78	1,104	744	84	0,84
2,67	225	1035,90	10,16	1293,49	1,293	755	95	0,95
3	250	1151,00	11,29	1437,21	1,437	764	104	1,04
3,33	287	1321,35	12,96	1649,92	1,650	772	112	1,12
3,67	310	1427,24	14,00	1782,14	1,782	782	122	1,22
4	337	1551,55	15,22	1937,36	1,937	790	130	1,3
4,33	369	1698,88	16,66	2121,32	2,121	795	135	1,35
4,67	380	1749,52	17,16	2184,56	2,185	799	139	1,39
5	383	1763,33	17,29	2201,81	2,202	799	139	1,39
5,33	376	1731,10	16,98	2161,57	2,162	790	130	1,3
5,67	355	1634,42	16,03	2040,84	2,041	780	120	1,2
6	325	1496,30	14,67	1868,37	1,868	760	100	1
6,33	295	1358,18	13,32	1695,91	1,696	730	70	0,7
6,67	265	1220,06	11,97	1523,44	1,523	722	62	0,62
7	250	1151,00	11,29	1437,21	1,437	716	56	0,56
7,33	235	1081,94	10,61	1350,98	1,351	705	45	0,45
7,67	215	989,86	9,71	1236,00	1,236	695	35	0,35
8	205	943,82	9,26	1178,51	1,179	680	20	0,2

Quadro A16.2 – Ensaio de compressão axial em provete cilíndrico de 100% solo com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 29/03/2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 2 - Solo 100% - Cilíndrico			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,00785 m ²			
Dimensões do Provete: Ø 10cm x h=15 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2657,80 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2459,81 g			
Data de realização do Provete: 01/03/2012					Perda de humidade aos 28 dias: 8,18%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	624	0	0
0,33	18	82,87	0,81	103,49	0,103	640	16	0,16
0,67	48	220,99	2,17	275,98	0,276	664	40	0,4
1	85	391,34	3,84	488,71	0,489	675	51	0,51
1,33	112	515,65	5,06	643,95	0,644	684	60	0,6
1,67	128	589,31	5,78	735,95	0,736	689	65	0,65
2	162	745,85	7,31	931,43	0,931	692	68	0,68
2,33	190	874,76	8,58	1092,42	1,092	696	72	0,72
2,67	210	966,84	9,48	1207,41	1,207	700	76	0,76
3	238	1095,75	10,75	1368,40	1,368	704	80	0,8
3,33	254	1169,42	11,47	1460,39	1,460	708	84	0,84
3,67	280	1289,12	12,64	1609,88	1,610	710	86	0,86
4	298	1371,99	13,46	1713,37	1,713	712	88	0,88
4,33	306	1408,82	13,82	1759,37	1,759	714	90	0,9
4,67	315	1450,26	14,22	1811,12	1,811	716	92	0,92
5	318	1464,07	14,36	1828,37	1,828	718	94	0,94
5,33	319	1468,68	14,40	1834,12	1,834	720	96	0,96
5,67	312	1436,45	14,09	1793,87	1,794	721	97	0,97
6	302	1390,41	13,64	1736,37	1,736	721	97	0,97
6,33	280	1289,12	12,64	1609,88	1,610	720	96	0,96
6,67	255	1174,02	11,51	1466,14	1,466	720	96	0,96
7	212	976,05	9,57	1218,91	1,219	720	96	0,96
7,33	170	782,68	7,68	977,43	0,977	719	95	0,95
7,67	130	598,52	5,87	747,45	0,747	714	90	0,9
8	105	483,42	4,74	603,71	0,604	705	81	0,81

Quadro A16.3 – Ensaio de compressão axial em provete cilíndrico de 100% solo com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 29/03/ 2012			
Força K = 1 Div / 4,604 kgf = 9,807 x10 ⁻³ kN					Provette tipo: Provete 3 - Solo 100% - Cilíndrico			
Tensão: 1 KN/m ² = 1 kPa = 10 ⁻³ MPa					Área do Provete: 0,00785 m ²			
Dimensões do Provete: Ø 10cm x h=15 cm					Massa do Provete quando efetuado: 2629,49 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2425,57 g			
Data de realização do Provete: 01/03/2012					Perda de humidade aos 28 dias: 7,96%			
Tempo (min)	Força (div)	Força (kgf)	Força (kN)	Tensão (σ) kPa	Tensão (σ) (MPa)	Deformação (div)	Deformação (div)	Deformação (mm)
0	0	0	0	0	0	630	0	0
0,33	10	46,04	0,45	57,52	0,058	642	12	0,12
0,67	50	230,20	2,26	287,59	0,288	658	28	0,28
1	75	345,30	3,39	431,38	0,431	668	38	0,38
1,33	105	483,42	4,74	603,94	0,604	682	52	0,52
1,67	130	598,52	5,87	747,73	0,748	682	52	0,52
2	152	699,81	6,86	874,27	0,874	692	62	0,62
2,33	185	851,74	8,35	1064,08	1,064	700	70	0,7
2,67	210	966,84	9,48	1207,87	1,208	710	80	0,8
3	225	1035,90	10,16	1294,15	1,294	720	90	0,9
3,33	245	1127,98	11,06	1409,18	1,409	730	100	1
3,67	265	1220,06	11,97	1524,22	1,524	740	110	1,1
4	285	1312,14	12,87	1639,26	1,639	750	120	1,2
4,33	302	1390,41	13,64	1737,04	1,737	761	131	1,31
4,67	312	1436,45	14,09	1794,55	1,795	766	136	1,36
5	320	1473,28	14,45	1840,57	1,841	772	142	1,42
5,33	328	1510,11	14,81	1886,58	1,887	778	148	1,48
5,67	330	1519,32	14,90	1898,09	1,898	783	153	1,53
6	326	1500,90	14,72	1875,08	1,875	785	155	1,55
6,33	312	1436,45	14,09	1794,55	1,795	790	160	1,6
6,67	292	1344,37	13,18	1679,52	1,680	783	153	1,53
7	278	1279,91	12,55	1598,99	1,599	774	144	1,44
7,33	246	1132,58	11,11	1414,94	1,415	750	120	1,2
7,67	220	1012,88	9,93	1265,39	1,265	735	105	1,05
8	205	943,82	9,26	1179,11	1,179	710	80	0,8

Quadro A16.4 – Ensaio de compressão axial em provete cilíndrico de 100% solo com mais de 28 dias de cura

Ensaio de compressão uniaxial								
Laboratórios de Geociências								
Projecto: Dissertação de Mestrado					Data do ensaio: 29/03/ 2012			
Força $K = 1 \text{ Div} / 4,604 \text{ kgf} = 9,807 \times 10^{-3} \text{ kN}$					Provette tipo: Provete 4 - Solo 100% - Cilíndrico			
Tensão: $1 \text{ KN/m}^2 = 1 \text{ kPa} = 10^{-3} \text{ MPa}$					Área do Provete: $0,00785 \text{ m}^2$			
Dimensões do Provete: $\phi 10\text{cm} \times h=15 \text{ cm}$					Massa do Provete quando efetuado: 2678,95 g			
Deformação; Div = 0,01 mm					Massa do Provete no dia do ensaio: 2481,15 g			
Data de realização do Provete: 01/03/2012					Perda de humidade aos 28 dias: 7,97%			
Tempo	Força	Força	Força	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Deformação	Deformação	Deformação
(min)	(div)	(kgf)	(kN)	kPa	(MPa)	(div)	(div)	(mm)
0	0	0	0	0	0	615	0	0
0,33	18	82,87	0,81	103,53	0,104	632	17	0,17
0,67	40	184,16	1,81	230,07	0,230	650	35	0,35
1	68	313,07	3,07	391,12	0,391	632	17	0,17
1,33	95	437,38	4,29	546,42	0,546	665	50	0,50
1,67	118	543,27	5,33	678,71	0,679	675	60	0,60
2	146	672,18	6,59	839,76	0,840	680	65	0,65
2,33	174	801,10	7,86	1000,81	1,001	691	76	0,76
2,67	200	920,80	9,03	1150,35	1,150	700	85	0,85
3	225	1035,90	10,16	1294,15	1,294	706	91	0,91
3,33	252	1160,21	11,38	1449,45	1,449	706	91	0,91
3,67	280	1289,12	12,64	1610,50	1,610	714	99	0,99
4	300	1381,20	13,55	1725,53	1,726	720	105	1,05
4,33	322	1482,49	14,54	1852,07	1,852	728	113	1,13
4,67	338	1556,15	15,26	1944,10	1,944	735	120	1,20
5	345	1588,38	15,58	1984,36	1,984	742	127	1,27
5,33	346	1592,98	15,62	1990,11	1,990	748	133	1,33
5,67	344	1583,78	15,53	1978,61	1,979	752	137	1,37
6	338	1556,15	15,26	1944,10	1,944	755	140	1,40
6,33	305	1404,22	13,77	1754,29	1,754	745	130	1,30
6,67	285	1312,14	12,87	1639,26	1,639	720	105	1,05
7	250	1151,00	11,29	1437,94	1,438	690	75	0,75
7,33	215	989,86	9,71	1236,63	1,237	668	53	0,53
7,67	185	851,74	8,35	1064,08	1,064	652	37	0,37
8	160	736,64	7,22	920,28	0,920	645	30	0,30

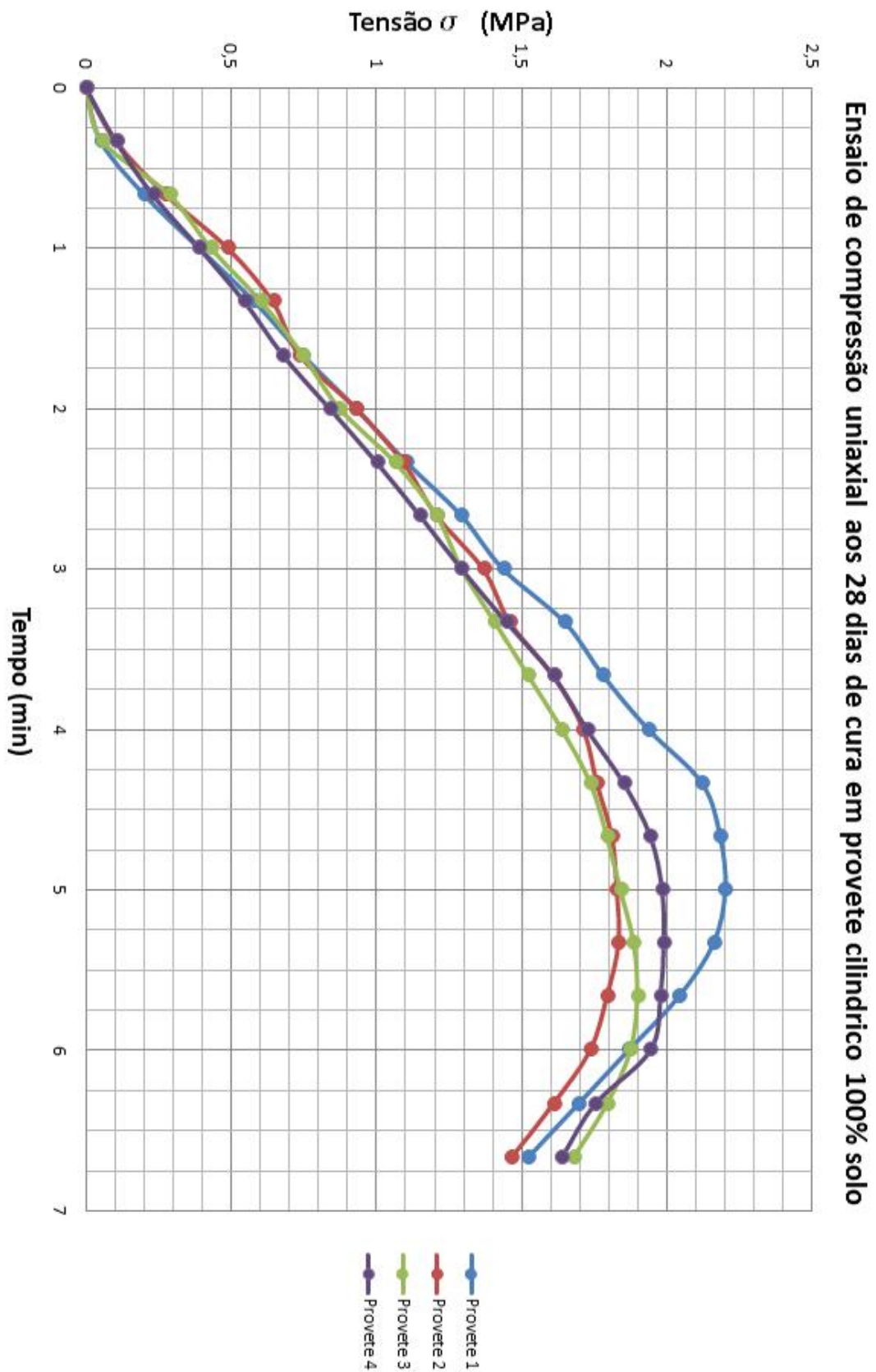


Figura A16 1 - Gráfico dos ensaios em provetes de 100% solo cilíndricos com mais de 28 dias de cura

Quadro A16.5 - Resultados dos ensaios de compressão uniaxial em provete cilíndrico de 100% solo e em provetes cúbicos a mais de 28 dias de cura

Provetes cilíndrico 100 % solo					Provetes cúbicos 100 % solo			
Ensaio aos 28 dias de cura					Ensaio a mais 28 dias de cura			
Tempo	Provete 1	Provete 2	Provete 3	Provete 4	Provete 4	Provete 5	Provete 2	Provete 6
	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)	Tensão (σ)
(min)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,33	0,052	0,103	0,058	0,104	0,018	0,050	0,086	0,135
0,67	0,201	0,276	0,288	0,230	0,131	0,230	0,307	0,271
1	0,391	0,489	0,431	0,391	0,303	0,393	0,515	0,452
1,33	0,581	0,644	0,604	0,546	0,461	0,533	0,673	0,668
1,67	0,747	0,736	0,748	0,679	0,655	0,704	0,844	0,822
2	0,931	0,931	0,874	0,840	0,835	0,862	1,038	1,061
2,33	1,104	1,092	1,064	1,001	1,016	1,029	1,224	1,264
2,67	1,293	1,207	1,208	1,150	1,183	1,197	1,404	1,445
3	1,437	1,368	1,294	1,294	1,364	1,364	1,598	1,634
3,33	1,650	1,460	1,409	1,449	1,544	1,526	1,779	1,851
3,67	1,782	1,610	1,524	1,610	1,725	1,680	1,960	2,054
4	1,937	1,713	1,639	1,726	1,883	1,824	2,122	2,258
4,33	2,121	1,759	1,737	1,852	2,041	1,960	2,280	2,438
4,67	2,185	1,811	1,795	1,944	2,185	2,068	2,443	2,578
5	2,202	1,828	1,841	1,984	2,312	2,163	2,569	2,732
5,33	2,162	1,834	1,887	1,990	2,420	2,235	2,673	2,867
5,67	2,041	1,794	1,898	1,979	2,506	2,276	2,732	2,980
6	1,868	1,736	1,875	1,944	2,569	2,276	2,718	3,003
6,33	1,696	1,610	1,795	1,754	2,614	2,244	2,673	2,985
6,67	1,523	1,466	1,680	1,639	2,619	2,199	2,574	2,971
7	1,437	1,219	1,599	1,438	2,578	2,077	2,361	2,759

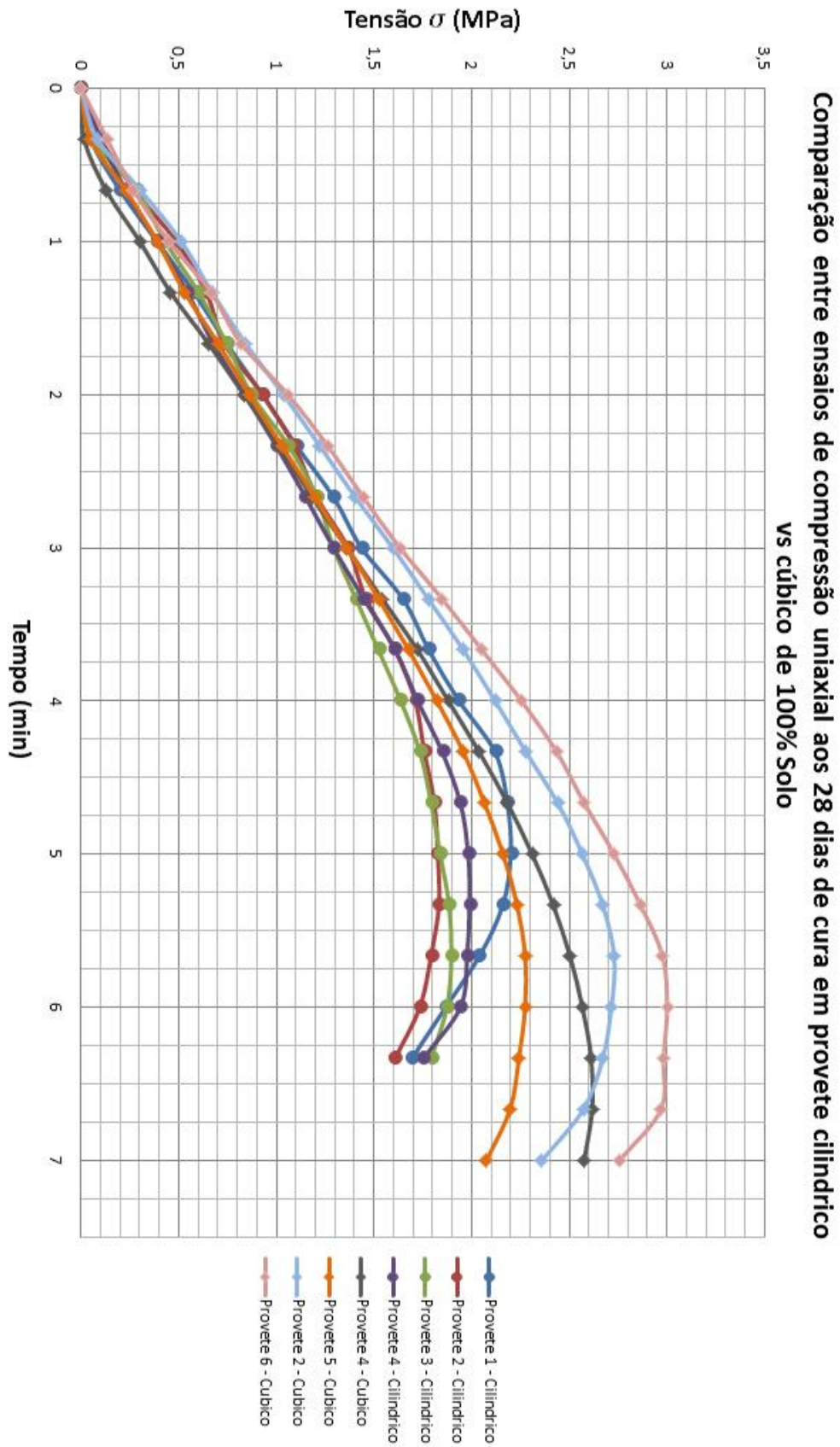


Figura A16.2 – Gráfico comparativo dos ensaios em provetes cilíndrico a os provetes cúbicos a mais de 28 dias de cura

Anexo A17 - Fichas técnicas dos componentes utilizados na mistura com o solo



Ficha Técnica

ARGEX® 2-4

DESCRIÇÃO:

A ARGEX® 2-4 é um agregado leve de argila que é expandida em forno rotativo a 1200°C. É um produto natural, leve, resistente, incombustível, não inflamável e inalterável com o tempo.

CAMPO DE APLICAÇÃO:

Betões leves com bom comportamento térmico e acústico e betões estruturais leves para obras especiais e de reabilitação.

As propriedades mecânicas e físicas do agregado, tornam-no indicado para utilização em elementos pré-fabricados com características térmicas e acústicas, tais como blocos e abobadilhas.

CARACTERÍSTICAS:

ARGEX® 2-4	Valor declarado	Unidades
Classes granulométricas reais	4,0 – 8,0	mm
Densidade aparente seca (Baridade)	358	(±15%) kg/m ³
Superfícies esmagadas e partidas	N.A.	(% massa)
Resistência ao esmagamento (± 10%)	4,8	MPa
Condutibilidade Térmica	0,11	(W/m.°C)
Absorção de água	26,5	(% massa seca)
Resistência ao fogo	Incombustível Euro Classe A1	-

RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO

A ARGEX® pode ser utilizada solta, regada com aguada de cimento ou como agregado leve de um betão com dosagem estudada.

Na execução de betonilhas ou betões, efectuar a mistura com apenas 2/3 da água prevista, juntando a restante no final, para prevenir que o excesso de água provoque a flutuação da ARGEX®.

MODO DE FORNECIMENTO

A ARGEX® 2-4 encontra-se disponível em sacos de 50 litros e embalagens de 1,5 m³ e de 3,0 m³.

Também pode ser fornecida a granel com carga em fábrica a partir de silo para camião, ou camião sistema.

O volume considerado é o volume aparente, não comprimido, na fábrica.

TRANSPORTE E ARMAZENAGEM

Durante o transporte e/ou a armazenagem podem ocorrer segregação de finos, alterações no teor de humidade e diminuição de volume aparente devido ao rearranjo do material, à semelhança de outros inertes tais como areia e brita.

HIGIENE E SEGURANÇA:

Produto inerte, não representa perigo para a saúde nem para o ambiente. Em algumas aplicações podem ocorrer a formação de poeiras pelo que é conveniente a utilização de máscara de protecção.

ARGEX – Argila Expandida, SA
Zona Industrial, Azurveira
3770-011 Bustos – Aveiro – Portugal
T (+351) 234 751 533 F (+351) 234 751 534
@ argex@argex.pt W www.argex.pt



Figura A17.1 – Ficha técnica do fornecedor da argila expandida



Relatório de Ensaio

Relatório nº HIG 017/06 Data: 29-11-2006

Requerente: Amorim Isolamentos, S. A.
 Endereço: Rua da Corticeira, 66-453-173 Mozelos
 Contacto: José Manuel Andrade
 Fax: 227419101 Tel. 227419100 e-mail: portugal.aisol@amorim.com

Ensaio para determinação do coeficiente de condutibilidade térmica

SHIG.MAT.01

Equipamento: Single-specimen Lambda-meter EP-500 (EN 1946-2), Lambda-Meßtechnik GmbH Dresden
 Configuração do equipamento: Pratos horizontais, prato quente no topo; Barreira térmica obdida através de anéis de aquecimento e arrefecimento
 Método: Guarded hot plate (ISO 8302)

Referência do provete: HIG117A/06-E3 Área do provete: 0,2500 m²
 Origem do provete: ITeCons Espessura do provete: 64,0 × 10⁻³ m
 Descrição do material: Granulado negro de cortiça Esp. nominal do provete: 65 × 10⁻³ m
 Descrição do provete (Norma): Provede de 500x500mm2 (EN12664) Massa do provete*: 983,6 g
 Data recepção do provete: - Massa volúmica aparente*: 61,5 kg/m³
 (*após o condicionamento)

Norma de ensaio: EN 12667:2001 - Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Products of high and medium thermal resistance

Data de início do ensaio: 27-11-2006 Data de fim do ensaio: 28-11-2006

Ensaio realizado por: Nuno Simões

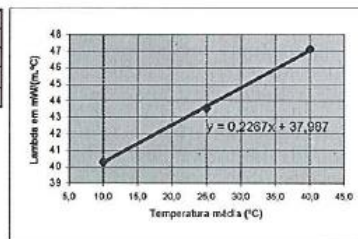
Condicionamento do provete: 23°C, 50%HR

Temperatura ambiente: 20,6 °C Humidade relativa: 61,9 %
 Variação da massa durante:
 - condicionamento: 0,23 %
 - ensaio: 0,27 %

Resultados do ensaio:

Ref.º do ensaio	E3_HIG117A/06	E3_HIG117A/06	E3_HIG117A/06
Temperatura média do ensaio (°C)	10,0	25,0	40,0
Diferença de temperatura em K	15,0	15,0	15,0
Lambda em mW/(m.°C)	40,31	43,54	47,11
Resistência em m ² /CW	1,59	1,47	1,36

Lambda-10: 40,25 mW/(m.°C)
 R-10: 1,590 m²/CW



Observações: A recolha do provete foi efectuada pelo requerente.

- Notas: 1. Os resultados apresentados referem-se, exclusivamente, aos provetes ensaiados.
 2. O equipamento Single-specimen Lambda-meter EP-500 é verificado trimestralmente para as temperaturas médias de 10°C, 25°C e 40°C por técnicos do ITeCons, utilizando o material de referência Etalon für Einplattenapparat EP-500 Meßprotocoll - Nr. Eta15401.
 3. O presente relatório não pode ser reproduzido, excepto na íntegra, sem o acordo escrito do ITeCons.

Autoria Técnica: Nuno Simões

Responsável Técnico: Nuno Simões
 (Nuno Simões, STC da Secção da Hidrológica)

Direcção: [Assinatura]

HIG017/06

Figura A17.2 – Ficha técnica do fornecedor do granulado de cortiça